

**Envelhecimento, rigidez arterial e aptidão física: papel da atividade física  
e do exercício físico**

**Adjane Maria Pontes César**

Porto, 2017





**Faculdade de Desporto da Universidade do Porto  
Centro de Investigação em Atividade Física, Saúde e Lazer**

**Envelhecimento, rigidez arterial e aptidão física: papel da atividade física  
e do exercício físico**

Adjane Maria Pontes César

**Orientadora**

Professor Doutora Maria Joana Mesquita Cruz Barbosa de Carvalho

**Co-orientador**

Professor Doutor Alberto Jorge de Carvalho Alves.

Dissertação académica apresentada ao Programa Doutoral em Atividade Física e Saúde (Decreto-Lei nº 74/2006, de 24 de Março), com vista ao grau de Doutor em Atividade Física e Saúde.

Porto | 2017

### Ficha de catalogação

César, A. (2017). *Envelhecimento, rigidez arterial e aptidão física: papel da atividade física e do exercício físico*. Dissertação de Doutoramento em Atividade Física e Saúde apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Velocidade da onda de pulso; Aptidão cardiorrespiratória; Aptidão Muscular; Composição corporal; Treino; Tempo sedentário.

## **Fontes de financiamento**

Esta dissertação foi financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Ciência sem Fronteiras, Modalidade Doutorado Pleno, Número do processo: 10143/13-0 para Adjane César – e desenvolvida em conjunto com a Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), sob concessão de financiamento número UID/DTP/00617/2013 para o Centro de Investigação em Atividade Física, Saúde e Lazer. Esta dissertação integra-se ainda dentro do projeto “Mais Ativos, Mais Vividos” financiado pelo Instituto do Desporto e Juventude (IPDJ).



”Não importa se a estação do ano muda.

Se o século vira, se o milênio é outro.

Se a idade aumenta.

Conserva a vontade de viver.

Não se chega a parte alguma sem ela.”

**Fernando Pessoa**





## DEDICATÓRIA

Às minhas filhas Mariana e Maria Luisa tesouros em minha vida, pelo incentivo nas horas de maior dificuldade, apoio para alcançar os meus sonhos e amor incondicional que nos une.

Aos meus irmãos Ana César, Aedja César, Angela César e Adjamir César por todo amor e incentivo.

Aos sobrinhos Alexandre Escarião, Camila César, Carla César, Pedro Henrique, Amanda Lívia, Renata Lívia, Matheus César, Rebeca Vitória e Pedro Miguel.

Ao Cunhado e à cunhada Carlos Alberto e Flávia Patrícia.

Aos genros, Tarcísio Ramalho e Marcelo Jorge.

À Antônia César (*in memória*), Josefa Césa (*in memoriam*) e Aluísio César (*in memória*) origem de inspiração para enfrentar mais este desafio.



## **AGRADECIMENTOS**

À Deus e Nossa senhora por serem minha fortaleza e presença permanente em minha vida.

A todos os idosos que fizeram parte desse momento da minha vida por toda atenção e disponibilidade, sem vocês nada que fiz seria possível.

Ao Funcionários da FADEUP: Tiago Montanha pela pontualidade e eficiência na realização dos testes com os idosos, grata pela sua ajuda sempre. Biblioteca: A Patrícia Martins, por toda atenção e disponibilidade sempre, a Pedro Novais, Nuno Reis, Virgínia Pinheiro, Mafalda Pereira e Nuno. Reprografia: Fernando Marinho e Jorge Araújo, Informática: Guilherme Vieira e Delfim Costa, Serviços Gerais: Ruy Buscaia, Manuela Gois, Serafim Pereira. Vigilância: António Sambada, Sr. Coimbra Pereira, Ruy Oliveira e Alberto Reis.

A todos os colegas do CIAFEL (Renata, Toni, Zé, Maria João, Florêncio, Luisa, César, Juliana Mendes pela disponibilidade e amizade, Sandra Santos por todas as palavras de apoio e estímulo, Amanda Santos pelo carinho, apoio em todos os momentos, cuidado e disponibilidade sempre a responder-me as dúvidas na estatística e a Lucimere Bohn pela atenção, direcionamentos, e respostas nos momentos de necessidade durante as longas horas de estudo na caminhada deste doutoramento).

As instituições: Universidade Contemporâneo em nome do professor Dr. Artur, dos Santos, ao Iar Santa Isabel em nome da Dra Ana Ferreira e Cristina Mesquita, ao Centro Social Padre Ramos em nome da Marta Bento, e ao programa destinado a idosos em Gondomar em nome de Eduardo Jamal.

À Professora Dra. Joana Carvalho pelas orientações.

Ao Dr. Alberto Alves pela boa vontade e atenção sempre.

Ao Professor Dr. José Oliveira pelas conversas/aulas, minha admiração pela sua inteligência e conhecimento.

Ao professor Dr. Jorge Mota pelo incentivo palavras de ânimo, pela presteza em suas respostas independentemente de onde estivesse, atendendo sempre às nossas necessidades, disposto a nos ajudar, minha eterna admiração e gratidão.

À Tereza Marinho, minha querida professora de inglês que tanto me ensinou.

À professora Dra Alynne Adaki pelos cuidados, ensinamentos e todo apoio mesmo à distância nos momentos de aflição e dúvidas.

Ao professor Dr. Edmar Lacerda Mendes pelo apoio e aulas de estatística tão esclarecedora.

À Dula, Silvia e Fellipe pelos momentos de conversa motivando-me nesta caminhada.

À amiga Zeide Pontual a distância só fortaleceu nossa amizade, conectadas pelo coração.

À Edjânia minha irmã em Cristo, por toda a fortaleza em suas sábias conduções em nossas trocas de mensagens.

Ao Luís, Renato, Cláudio, Andreia e Ana, pelo apoio nas aulas com os idosos.

## ÍNDICE GERAL

DEDICATÓRIA.....	IX
AGRADECIMENTOS .....	XI
Índice de Anexos.....	XIX
RESUMO.....	XXI
ABSTRACT .....	XXIII
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	XXV
Capítulo I.....	1
Introdução .....	3
Revisão de Literatura .....	7
1. Envelhecimento.....	7
1.1. Epidemiologia do envelhecimento .....	8
2. Fatores de risco cardiovascular .....	9
2.1. Hipertensão arterial.....	10
2.2. Obesidade .....	11
2.3. Dislipidemia .....	13
2.4. Hiperglicemia e Diabetes .....	14
2.5. Síndrome metabólica .....	14
2.6 Comportamento Sedentário.....	15
3. Redução do risco cardiovascular no idoso.....	17
3.1. Atividade física.....	17
3.2. Exercício Físico.....	18
3.3. Aptidão Física .....	19
4. Envelhecimento e alterações funcionais .....	20
4.1 Aptidão Cardiorrespiratória .....	20

4.2. Força muscular .....	21
4.3. Flexibilidade .....	22
4.4. Composição corporal .....	24
5. Rigidez arterial como preditor de risco cardiovascular .....	26
5.1 Medição da rigidez arterial .....	27
5.2. Rigidez Arterial e Atividade Física .....	29
5.3. Rigidez Arterial e Exercício Físico .....	31
5.4. Rigidez Arterial e Aptidão Física .....	32
Capítulo II .....	35
Estudo 1 .....	37
Associação entre indicadores de rigidez arterial, atividade física diária, tempo sedentário e aptidão funcional em idosos .....	37
Capítulo III .....	65
Estudo 2 .....	67
Efeito do treino e do destreino após programa de exercício físico multicomponente em fatores de risco cardiovasculares em idosos residentes na comunidade .....	67
Capítulo IV .....	109
DISCUSSÃO GERAL .....	111
Limitações .....	118
Força do estudo .....	119
Futuros estudos .....	120
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	120
Referências .....	122

## ÍNDICE DE TABELAS

### Estudo I

Tabela 1. Caracterização geral da amostra e comparação entre sexos.....	46
Tabela 2. Correlações bivariadas entre indicadores de rigidez arterial, aptidão funcional e atividade física habitual. Valores representam r. ....	50
Tabela 3. Associação entre velocidade de onda de pulso carótida femoral e aptidão funcional, atividade física diária e atividade física relativa.....	51
Tabela 4. Associação entre o índice de aumento aórtico e aptidão funcional, atividade física diária e atividade física relativa.....	53
Tabela 5. Associação entre o índice de aumento aórtico corrigido a 75% da frequência cardíaca e aptidão funcional, atividade física diária e atividade física relativa.....	54

### Estudo II

Tabela 1. Protocolo de Bruce .....	76
Tabela 2. Descrição do protocolo do treino aeróbico das sessões de treino multicomponente. ....	80
Tabela 3. Descrição do protocolo de resistência muscular das sessões de treino multicomponente. ....	81
Tabela 4. Descrição do protocolo de treino de reforço muscular das sessões de treino multicomponente. ....	85
Tabela 5. Caracterização antropométrica e da composição corporal dos grupos de controle e intervenção nos 4 momentos de avaliação.....	88
Tabela 6. Características hemodinâmicas dos grupos controle e intervenção nos 4 momentos de avaliação.....	89

Tabela 7. Perfil lipídico, metabólico e inflamatório dos grupos controle e de intervenção nos momentos pré e pós intervenção .....	90
Tabela 8. Caracterização da aptidão funcional dos idosos dos grupos de controle e intervenção nos 4 momentos de avaliações.....	91
Tabela 9. Caracterização da atividade física diária, tempo sedentário e aptidão cardiorrespiratória dos grupos controle e intervenção nos 4 momentos de avaliações.....	92



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma de recrutamento, follow-up e drop-outs da amostra ..... 73



## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Termo de consentimiento.....	XXVII
---------------------------------------	-------



## RESUMO

A presente tese teve como objetivos: i) observar as possíveis correlações e associações entre a atividade física (AF) diária e a aptidão funcional com a rigidez arterial (RA) em idosos e ii) verificar o efeito de um programa de exercício físico multicomponente com duração de 32 semanas e do destreino de 16 semanas na aptidão cardiorrespiratória, aptidão funcional, composição corporal, perfil lipídico, metabólico e inflamatório e rigidez arterial (RA) em idosos. Foram realizados dois estudos: 1) um estudo transversal envolvendo 170 participantes idosos (72,9% mulheres; idade =  $72,3 \pm 6,6$  anos) e 2) um estudo longitudinal envolvendo 53 idosos (64,2% mulheres; idade =  $68,9 \pm 4,1$  anos) divididos por grupo intervenção (GI) submetidos a um programa de exercício físico e grupo controle (GC). Procedeu-se às avaliações da antropometria, aptidão funcional, aptidão cardiorrespiratória, , tensão arterial, RA [velocidade da onda de pulso carótida-femural (VOPcf), pressão de augmentação (AP), índice de augmentação aórtico (Alx) e índice de augmentação aórtico corrigido a frequência cardíaca de 75 batimentos por minuto (Alx@75%)], variáveis hemodinâmicas, AF, tempo sedentário (TS) e dieta. Os resultados revelaram que: i) 62,3% estavam acima do ponto de corte de 10 m/s para a VOPcf, apresentando os homens valores de VOPcf significativamente maiores e valores de Alx e Alx@75% significativamente menores do que as mulheres; ii) em relação à aptidão funcional, a VOPcf teve relação significativa inversa com o *chair stand test*, *arm curl*, *chair-sit-and reach*, *back scratch*, *6 minute walk* e positivamente com *8-foot up and go*; iii) a VOPcf teve relação inversa com AF ligeira e AFMV e positiva com TS; iv) o resultado do *chair stand test* revelou ser preditor independente da VOPcf; v) após a intervenção, houve interação tempo\*grupo nos os testes *8 foot up and go*, *chair-sit-and-reach*, no perímetro da anca e diminuição do % de gordura androide. Houve efeito do tempo para o teste 6-minute walk, com aumento significativo após 16 semanas, retornando aos valores basais após a 32ª semana, igualmente para a pressão de augmentação. Após destreino foi observado redução no 6-minute walk acima dos valores basais, e a pressão de augmentação retornou aos valores bases. Assim, os indicadores de RA parecem comportar-se de maneira diferente entre os sexos, houve influência positiva

entre AF e VOPcf, e negativa com o TS e associação negativa entre força/resistência dos membros inferiores com a VOPcf. Além disso, a intervenção foi eficaz na promoção da melhoria da flexibilidade, equilíbrio dinâmico, agilidade, diminuição da gordura andróide e do perímetro da anca. Assim, o nosso estudo fornece algumas diretrizes acerca dos benefícios da AF e riscos do comportamento sedentário sugerindo que os idosos podem e devem estar inseridos em programas de EF a fim de, pelo menos, melhorar ou manter o seu desempenho funcional e composição corporal, e consequentemente diminuir os riscos para DCV.

**Palavras-chave:** Rigidez arterial; Aptidão cardiorespiratória; Aptidão muscular, Composição corporal, Aptidão Funcional, Tempo sedentário, Treino

## ABSTRACT

The main aims of the present thesis were: i) to observe the possible correlations and associations between daily physical activity (PA) and functional fitness with arterial stiffness (AS) in the elderly; ii) to verify the effects of a 32-week multi-component exercise program and a 16-week detraining periode, on functional and cardiorespiratory fitness, physical fitness, body composition, lipid, metabolic and inflammatory profile and arterial stiffness (AS) in elderly people. Two studies were carried out: 1) a cross-sectional study comprising 170 elderly participants (72.9% female; mean age =  $72.3 \pm 6.6$  years-old); 2) a longitudinal study involving 53 elderly people (64.2% female; mean age =  $68.9 \pm 4.1$  years-old) divided into two groups: an intervention group (GI) and a control group (CG). Between october/2015 and october/2016, anthropometry, functional and cardiorespiratory fitness, blood pressure and arterial stiffness [ pulse wave velocity, PWV; pulse wave analysis, PWA, augmentation pressure (AP); aortic augmentation index (Alx), pulse wave analysis corrected at 75 bpm,  $Alx@75\%$ ], hemodynamics parameters, sedentary time (ST), physical activity (PA) and diet were evaluated. The results revealed that: (i) the prevalence of 62.3% of the sample was above the cutoff of 10 m / s for PWVcf, men had significantly higher values of PWVcf and significantly lower in Alx and  $Alx@75\%$  values than women; ii) in relation to functional fitness, PWVcf had a significant inverse relation with the chair stand test, arm curl, chair-sit-and reach, back scratch, 6 minute walk and positively with 8-foot up and go; iii) PWVcf had an inverse relationship with mild PA and MVP and positive with ST; iv) the sit and stand test proved to be an independent predictor of PWVcf; v) after the intervention, there was an interaction time\*group in the 8 foot up and go, chair-sit-and-reach tests, in the perimeter of the hip and decrease of android fat %. There was time effect for the 6-minute walk test, with significant increase after 16 weeks, returning to baseline after 32 weeks, also for augmentation pressure. After detraining, a reduction in the 6-minute walk above the baseline values was observed, and the augmentation pressure returned to baseline values. Data showed that AS indicators appear to be different between genders, there was a positive influence between PA and PWV, and negative on PA and negative association between strength/resistance of the lower limbs and

PWV. Moreover, the intervention was effective in promoting improved flexibility, dynamic balance, agility, a tendency to decrease android fat and the perimeter of the hip. Therefore, our study provides some guidelines about the benefits of PA and risks of sedentary behavior suggesting that older adults should be inserted in PE programs in order to, at least, improve or maintain their functional performance and body composition, and thus reduce the risks to CVD.

**Keywords:** Arterial stiffness; Cardiorespiratory fitness; Muscular fitness, Body composition, Functional fitness, Sedentary time, Training



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACSM	Colégio Americano de Medicina do Esporte
AF	Atividade física
AFL	Atividade física ligeira
AFM	Atividade física moderada
AFMV	Atividade física de moderada a vigorosa
Alx	Índice de aumentação
AIX@75%	Índice de aumento corrigido a 75% da frequência cardíaca
ANCOVA	Análise de covariância
ANOVA	Análise de variância de medidas repetidas
AS	Arterial stiffness
AP	Pressão de aumentação
AVC	Acidente vascular cerebral
CC	Circunferência da cintura
CT	Colesterol total
CSt	Chair stand test
DCV	Doença cardiovascular
DCVs	Doenças cardiovasculares
DXA	Absorciometria de raio X de dupla energia
EF	Exercício físico
FC	Frequência cardíaca
FADEUP	Faculdade de Desporto da Universidade do Porto
GC	Grupo controle
GI	Grupo de intervenção
HbA1C	Hemoglobina glicada
HDL-c	Lipoproteína de alta densidade
IMC	Índice de massa corporal
INE	Instituto Nacional de Estatística
LDL	Lipoproteína de Baixa Densidade
MET	Equivalente metabólico da tarefa - Metabolic Equivalent of Task

MCG	Massa corporal gorda
OMS	Organização Mundial de Saúde
PC	Perímetro de cintura
PCR-as	Proteína C reativa de alta sensibilidade
PP	Pressão de pulso
PQ	Perímetro de quadril
RA	Rigidez arterial
RCA	Razão cintura/anca.
ST	Sedentary time
PA	Physical activity
PAD	Pressão arterial diastólica
PAM	Pressão arterial média
PAS	Pressão arterial sistólica
PE	Physical exercise
TS	Tempo sedentário
VO <sub>2</sub> Pico	Volume de pico de oxigénio.
VO <sub>2</sub> máx	Volume máximo de oxigénio
VOP	Velocidade da onda de pulso
VOPcf	Velocidade da onda de pulso carótida-femoral
VOPf	Velocidade da onda de pulso femoral
VOPr	Velocidade da onda de pulso radial
1RM	Uma repetição máxima
6MIN	6 minute walk test

## CAPÍTULO I

---



## INTRODUÇÃO

O envelhecimento populacional é um processo acelerado (World Health Organization, 2015). A nível mundial, as estatísticas apontam que o número de idosos, que em 2010 era de cerca de 524 milhões, será em 2050 de 1,5 bilhões, o que corresponde a aproximadamente 16% da população mundial. Esse aumento da esperança de vida vem ocorrendo em escala global, tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento (WHO, 2011b).

Dados específicos da população portuguesa revelam uma forte tendência de envelhecimento populacional. De acordo com o Instituto Nacional de Estatística (INE, 2012), em 2001, os idosos representavam 19% da população, sendo que para cada 100 jovens havia 128 idosos. Em Portugal, os idosos representavam, em 2015, 19,6 % da população existindo 133,5 idosos para cada 100 jovens (Pordata, 2015). As estimativas apontam que até 2060 esta tendência de crescimento será mantida e atingirá a proporção de cerca de 307 idosos para cada 100 jovens (INE, 2016).

Este envelhecimento populacional é o resultado de avanços conjuntos da medicina e da tecnologia (Simões et al., 2017) que se traduzem num aumento da esperança média de vida. Contudo, isto não é necessariamente refletido numa redução dos anos de vida perdidos ajustados por incapacidade. Portanto, a melhoria da qualidade de vida associada ao envelhecimento é de fundamental importância, mas é ainda um grande desafio médico, tecnológico e social com grandes impactos financeiros (Lin et al., 2016; World Health Organization, 2011b).

Anualmente, cerca de 3,9 milhões de mortes na Europa são devidas a doenças cardiovasculares (DCVs), representando a principal causa de morte nos idosos (Fleg & Strait, 2012; Wilkins et al., 2017a; WHO, 2011a). Em consonância com as estatísticas mundiais, em Portugal, as DCVs mantêm-se como a principal causa de morte, assumindo 29,5% dos casos de mortalidade (Direção Geral de Saúde, 2016), sendo as doenças cerebrovasculares e cardíacas isquémicas as de maior prevalência (Direção Geral de Saúde, 2016).

Dessa forma, a idade é um dos principais fatores de risco para as doenças cardiovasculares (Bolton & Rajkumar, 2011; Niccoli & Partridge, 2012; World

Health Organization, 2011a). O envelhecimento primário, ou seja, o envelhecimento decorrente da exposição ao tempo, afeta todas as células do organismo diminuindo a sua capacidade de regeneração, o que leva a uma redução da capacidade funcional do organismo, tornando-o mais suscetível ao desenvolvimento de doenças crônicas que, por sua vez, estão associadas às comorbilidades e consequente incapacidade e dependência do idoso (Almeida, 2010). Adicionalmente à idade, a presença de outros fatores de risco cardiovasculares soma-se e aumenta a probabilidade de ocorrência de um evento cardiovascular (Piepoli et al., 2016).

Entre os diversos fatores de risco associados às doenças cardiovasculares estão fatores como a genética e o estilo de vida. De igual modo, a rigidez arterial, caracterizada pela perda de elasticidade e de complacência das grandes artérias centrais, é um dos fatores de risco cardiovascular que tem vindo a assumir particular destaque (Anderson, 2006). O envelhecimento primário provoca fadiga dos componentes estruturais das grandes artérias (e.x. diminuição da elastina e aumento das ligações cruzadas do colagénio) (Wagenseil & Mecham, 2012) reduzindo assim a complacência e por conseguinte a capacidade de acomodação do fluxo sanguíneo pulsátil e uma alta pressão gerada no ventrículo esquerdo (Quinn et al., 2012). As consequências estruturais condicionam adaptações hemodinâmicas que levam a lesões de determinados órgãos alvo como coração, rins e cérebro (Laurent & Boutouyrie, 2015; Mitchell, 2009; Sehgel et al., 2015; Tanaka et al., 2000). A rigidez arterial é assim um preditor de morbi-mortalidade cardiovascular (Huybrechts et al., 2011; Lessiani et al., 2016), sendo determinada fundamentalmente pelo envelhecimento primário (Jefferson et al., 2016) e pela hipertensão arterial (Schiffrin, 2004). Contudo, embora a rigidez arterial tenha vindo a assumir importância crescente enquanto fator de risco das DCVs, a influência de outros fatores de risco, nomeadamente da inatividade física e da aptidão física não podem ser negligenciados (Tanaka et al., 2000).

A baixa aptidão física é um fator de risco cardiovascular especialmente importante na população idosa (Thijssen et al., 2010). O envelhecimento está associado com a redução da aptidão física e consequentemente a um risco aumentado de incapacidade e de doenças cardiovasculares (Ciolac, 2013; Dias et al., 2017; Strath et al., 2013). A aptidão física é o resultado da interação entre

a genética e o ambiente (Dias, 2011; Foss & Keteyian, 1998). Presumivelmente, o aumento da inatividade física e do comportamento sedentário no idoso deterioram a sua aptidão física (Endes et al., 2016).

A inatividade física, como já citado anteriormente, é um dos impactantes fatores de risco para o idoso, não apenas para a ocorrência de um evento cardiovascular, mas também para desenvolvimento de distintas patologias (Booth et al., 2012) que aumentam a probabilidade de comorbilidade e mortalidade do idoso (Arboix, 2015). A Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda a prática semanal de atividade física aeróbia para os idosos, sendo que a duração deve variar de acordo com a sua intensidade. Assim, recomenda uma atividade aeróbia moderada durando 150 minutos por semana e 75 minutos de atividade vigorosa, acumulando em blocos de, pelo menos, 10 minutos ao longo do dia (WHO, 2010b). A OMS sugere ainda a possibilidade de combinar as intensidades de exercício ao longo da semana, ou adicionar um tempo maior (300 ou 150 minutos) com o propósito de aumentar os benefícios à saúde (ACSM, 2014).

O exercício físico tem sido destacado como uma estratégia não farmacológica de baixo custo porque parece interferir positivamente sobre os fatores de risco modificáveis, inclusivamente em idosos (Booth et al., 2012). Neste sentido, a prática regular de exercício físico no idoso parece reduzir a tensão arterial (TA) (Miura et al., 2015), normalizar os níveis de glucose, diminuir a resistência à insulina (Ryan, 2010) e melhorar o perfil lipídico (Bauman et al., 2016; Piepoli et al., 2016). Soma-se a estas, o impacto positivo sobre a aptidão funcional do idoso (Quan et al., 2014).

No que diz respeito à rigidez arterial, o exercício físico pode retardar a sua evolução deletéria (Ashor et al., 2014). Contudo, a evidência sobre esta associação, bem como o impacto de diferentes tipos de exercício sobre a função vascular, ainda não é suficiente (Ashor et al., 2014). Pesa ainda, o facto de grande parte dos estudos ser de natureza observacional.

Nesse sentido, as recomendações internacionais de atividade física para o idoso (ACSM, 2014; Nelson et al., 2007; WHO, 2010a) sugerem a inclusão de atividades físicas aeróbias, de força muscular, flexibilidade e equilíbrio. De acordo com estas recomendações, a abrangência de todas estas capacidades físicas permite um melhor desenvolvimento da aptidão física (Centers for

Disease Control and Prevention, 2014), contudo o impacto sobre estas diferentes “modalidades” na rigidez arterial, especialmente no idoso, ainda é escassa. Adicionalmente, o efeito do treino multicomponente, definido como a combinação de vários componentes da aptidão física em uma mesma sessão como resistência aeróbia e muscular, flexibilidade (Carvalho et al., 2010; Wanderley, 2011), sobre fatores de risco cardiovasculares em geral e sobre a função vascular em particular, ainda está por ser determinado (Li et al., 2015).

Após estas considerações, a presente tese teve por objetivos:

- (1) observar as possíveis correlações e associações entre a atividade física (AF) diária e a aptidão funcional com a rigidez arterial (RA) em idosos;
- (2) Analisar o efeito de um programa de exercício físico multicomponente com duração de 32 semanas e do destreino de 16 semanas na aptidão cardiorrespiratória, aptidão funcional, composição corporal, perfil lipídico, metabólico e imunológico e rigidez arterial (RA) em idosos residentes na comunidade.



## REVISÃO DE LITERATURA

### 1. Envelhecimento

O envelhecimento é um processo natural, dinâmico, progressivo e irreversível (Jordão Netto, 1997) caracterizado por alterações fisiológicas e morfológicas que reduzem a capacidade de adaptação a diferentes condições (Restrepo et al., 2016).

Do ponto de vista biológico, o envelhecimento está associado a danos moleculares e celulares que progressivamente levam a perdas nas reservas fisiológicas e à diminuição da capacidade regenerativa, aumentando o risco de desenvolvimento de doenças (Organização Mundial da Saúde, 2015c) que culminam numa probabilidade acrescida de morte (Niccoli & Partridge, 2012; Tosato et al., 2007). Este envelhecimento biológico desenvolve-se ao longo da vida e não é necessariamente igual entre indivíduos (Birren & Schaie, 2006).

Diversos fatores interferem no envelhecimento (Mazo et al., 2009), dentre eles fatores ambientais (Gaba & Pridalova, 2014), genéticos (Birren & Schaie, 2006), biológicos (Wilmore & Costill, 1999), psicológicos (Han et al., 2015a; Steptoe et al., 2015), sociais (Charles & Carstensen, 2010; Melchiorre et al., 2013), culturais (Dionigi, 2015) e do estilo de vida (Jowett et al., 2016).

Enquanto o envelhecimento primário se relaciona com as modificações resultantes da passagem do tempo (Freire, 2008), o envelhecimento secundário relaciona-se com as alterações causadas por fatores de risco como doenças e estilos de vida inapropriados adotados no decorrer dos anos (Michel et al., 2016). As mudanças orgânicas induzidas pelo envelhecimento secundário podem ser minimizadas ou revertidas através da correção de estilos de vida, dos fatores de risco e/ou doenças de base (Anstey et al., 1993). Por fim, o envelhecimento terciário é caracterizado por perdas físicas e cognitivas importantes em períodos de tempo relativamente curtos, sendo por isso mais característico em pessoas mais idosas (Angel et al., 2015).

O envelhecimento saudável é um conceito que se associa com a manutenção da autonomia e da independência durante a velhice (Bowling & Dieppe, 2005; Organização Mundial da Saúde, 2015a). Sendo que o conceito de

“autonomia” está relacionado com o sentir-se confortável ou em condições de fazer escolhas e usar os recursos pessoais (Heathcote, 2000). Já o conceito de “independência” relaciona-se com a capacidade de desempenhar atividades de vida diária sem nenhuma ou com pouca ajuda (Farfel, 2008). O envelhecimento saudável tem por objetivo a manutenção da habilidade funcional (OMS, 2015b; Valer et al., 2015).

Embora os idosos estejam mais suscetíveis a patologias decorrentes de condições crônicas, algumas dessas podem ser evitadas ou retardadas através da adoção de comportamentos saudáveis (Bonow, 2012) como a prática regular, sistematizada e prolongada de exercício físico (Andersen et al., 2009; McArdle et al.; World Health Organization, 2010b).

### **1.1. Epidemiologia do envelhecimento**

A dinâmica demográfica é influenciada pelo comportamento das taxas de fertilidade, nascimento, mortalidade, migração e emigração (Department of Economic and Social Affairs, 2015; Ferrucci et al., 2008). Assim, existe um conjunto de indicadores demográficos importantes para avaliar as características populacionais.

A taxa bruta de natalidade é um desses indicadores que se refere ao número de nascimento por cada 1000 habitantes. Em 2014, a taxa bruta de natalidade foi de 10,1 nos Estados-Membros da União Europeia (Eurostat, 2016a), sendo que Portugal, conjuntamente com a Itália e Espanha, apresentou valores inferiores a 7,0% (Eurostat, 2016b).

Um outro indicador importante é a taxa de fertilidade, a qual se refere ao quociente do número médio de nascimentos por mulher em idade fértil em um ano (Short & Bouek, 2016). Ao longo das últimas décadas, o número de nados vivos em Portugal tem vindo a diminuir e desde 2001 o número de nascimentos deixou de ser suficiente para compensar o número de óbitos (Coelho & Nunes, 2015).

Simultaneamente à redução da taxa de natalidade e da taxa de fertilidade, o número de óbitos também tem vindo a reduzir (Eurostat, 2016a). Dados do Eurostat (2016a) destacam que, em 2014, foram registados 4.94 milhões de óbitos nos Estados Membros da União Europeia, valor cerca de 1.1% inferior ao

número de óbitos de 2013. Segundo o Instituto Nacional de Estatística (INE) (2014), em Portugal estima-se que, em 2060, a esperança de vida a nascença será de cerca de 85 anos para homens e 90 anos para as mulheres (Carrilho & Craveiro, 2015).

A soma destes fatores condiciona a dinâmica populacional portuguesa no sentido do envelhecimento populacional traduzido numa diminuição da população jovem (com idade inferior a 15 anos) e num aumento da população idosa (65 anos ou mais). Em 2013 foi registado uma estimativa de 163 idosos para cada 100 jovens na população, estimando-se uma subida deste valor para 308 por cada 100 jovens em 2053 (Carrilho & Craveiro, 2015). Em 2015, os idosos representavam 19,6 % da população em Portugal Pordata (2015).

## **2. Fatores de risco cardiovascular**

Apesar de ter havido uma redução da mortalidade por DCV nos países desenvolvidos ao longo das últimas décadas, estas continuam a representar a principal causa de morte no mundo, sendo responsáveis por 17,3% da mortalidade total (WHO, 2011a). Além disso, a incidência, ou seja, o número de novos casos de doenças cardiovasculares continuam a aumentar (WHO, 2010c).

Grande parte das DCVs resultam da exposição prolongada a fatores de risco modificáveis como: hipertensão arterial (Boutcher & Boutcher, 2017; Polonia et al., 2014), tabagismo (United States Department of Health and Human Services, 2010), dislipidemia (Garg et al., 2015; Piepoli et al., 2016; Stone et al., 2014), hiperglicemia (WHO, 2011a), diabetes (Appelman et al., 2015), inatividade física (WHO, 2013a), alimentação inadequada (Christiaans et al., 2011; Mak & Caldeira, 2014; World Health Organization, 2010c) e não modificáveis como: sexo (Appelman et al., 2015; Maas & Appelman, 2010), idade (Bolton & Rajkumar, 2011), antecedentes familiares (Piepoli et al., 2016).

Adicionalmente, novos fatores de risco, como por exemplo a rigidez arterial, têm vindo a assumir especial destaque. A rigidez arterial ou a redução da complacência arterial tem sido indicada como um “novo” fator de risco cardiovascular com capacidade de predizer eventos cardiovasculares e de melhorar as estimativas de predição de risco cardiovascular (Mancia et al., 2007). A idade (Lee & Oh, 2010) e a hipertensão arterial (Jani & Rajkumar, 2006)

constituem os grandes determinantes da rigidez arterial (Jani & Rajkumar, 2006; O'Rourke & Hashimoto, 2008) que aceleram as alterações estruturais decorrentes do envelhecimento primário (Elewa et al., 2015). Contudo, o efeito de outros fatores de risco não pode ser ignorado.

## **2.1. Hipertensão arterial**

A hipertensão arterial é uma doença crónica e um dos principais fatores de risco cardiovascular (Humphrey et al., 2016; Mancia et al., 2013). Entre 1980 e 2008, o número de pessoas com hipertensão não controlada aumentou de 600 milhões para aproximadamente um bilhão (WHO, 2013b). Apesar de sabidamente associada com o aumento do risco de DVCs, é uma doença com baixa adesão à terapêutica farmacológica (Brown & Bussell, 2011; James et al., 2014) e muitas vezes subdiagnosticada por suas características clínicas, pois há um aumento gradativo da tensão (WHO, 2013b) que é, frequentemente, assintomático (Lionakis et al., 2012).

Há evidências da forte associação entre a hipertensão arterial e o risco cardiovascular (AlGhatrif et al., 2013), o que proporciona um aumento da probabilidade de ocorrência de acidente vascular cerebral (Kjeldsen et al., 2014), enfarto agudo do miocárdio (James et al., 2014; Laurent et al., 2001), doença vascular periférica (Rahimi et al., 2015) e insuficiência cardíaca (Manickavasagam et al., 2009).

O comportamento da pressão arterial nos idosos caracteriza-se por grande variabilidade (verificada entre medições) (Mancia et al., 2014). Sendo assim, é um grupo muito susceptível a hipotensão ortostática e hipertensão sistólica isolada, que resulta da pressão de pulso elevada (diferença entre TA sistólica e diastólica) (Yano et al., 2015).

As alterações hemodinâmicas que culminam na hipertensão arterial do idoso são concomitantes à desregulação e disfunção de diferentes sistemas. Como é o caso do desequilíbrio crónico do sistema nervoso autónomo com uma hiperativação do sistema nervoso simpático em detrimento do parassimpático (Julius, 1991), remodelação e degeneração dos barorreceptores (Lionakis et al., 2012), disfunção endotelial (Santos-Parker et al., 2014), inflamação crónica de baixo grau (Pauletto & Rattazzi, 2006), alterações na estrutura das proteínas das

paredes dos vasos (aumento da expressão de colagénio e fragmentação e deposição da elastina) (Montero et al., 2014b). A soma destes fatores leva à redução da complacência das grandes artérias, ao aumento da resistência vascular periférica, que acabam por implicar no desenvolvimento e agravamento da hipertensão arterial.

Para além do diagnóstico e do tratamento farmacológico (prescrito por médicos) serem fundamentais, a prática regular de atividade física e de exercício físico também o são (American College of Sports Medicine, 2014; Pescatello et al., 2004, World Health Organization, 2011a). O controle da hipertensão no idoso diminui os riscos de morbilidade e mortalidade cardiovascular e diminui a incidência de comprometimentos cognitivos e demência (Lionakis et al., 2012).

Há evidência de que o exercício aeróbio e o exercício resistido podem contribuir com a diminuição tanto da tensão sistólica como diastólica (Ghadieh & Saab, 2015). Adicionalmente, o cumprimento das recomendações internacionais de atividade física reduz os valores de TA sistólica e diastólica, independentemente da idade do indivíduo (Pescatello et al., 2015).

## **2.2. Obesidade**

O excesso de peso e a obesidade são responsáveis por cerca de 3,4 milhões de mortes anuais (Ng et al., 2014). Estimativas da OMS indicam que, em adultos com mais de 18 anos, a prevalência do sobrepeso e da obesidade é bastante elevada, sendo, em 2014, de aproximadamente 39 % e 13%, respectivamente (World Health Organization, 2016). Em Portugal, Sardinha e colaboradores (2012) observaram numa população de 2.539 indivíduos idosos, uma prevalência de sobrepeso nos adultos idosos homens de 53,6%, e de 52,9% nas mulheres, e uma prevalência de obesidade de 16,8% e 21,8% para homens e mulheres, respectivamente. Além disso, mostraram uma prevalência de obesidade abdominal de 32,1% nos homens e 69,7% nas mulheres.

Além da alarmante prevalência, o excesso de peso e a obesidade desencadeiam efeitos metabólicos adversos, que levam à dislipidemia, à maior resistência à insulina e à hipertensão arterial, aumentando a probabilidade de doenças das artérias coronárias, acidente vascular cerebral e diabetes tipo II (Jung & Choi, 2014).

O envelhecimento associa-se com uma diminuição em todos os principais componentes do gasto energético. Há uma redução na taxa metabólica de repouso (St-Onge & Gallagher, 2010), no efeito termogénico dos alimentos (Shilpa et al., 2014), e do dispêndio energético provocado pela redução na quantidade de atividade física (Garvey et al., 2016; Milanović et al., 2013c). O gasto e o dispêndio energético são determinantes importantes da quantidade de gordura corporal (St-Onge & Gallagher, 2010). Assim, a diminuição da atividade física com o envelhecimento contribui para o aumento gradativo da gordura corporal e, desse modo, para o risco acrescido de DCV e metabólicas (Jung & Choi, 2014; Shilpa et al., 2014; Zebekakisa et al., 2005).

As modificações hormonais provenientes do envelhecimento também podem contribuir para o acúmulo de gordura e para a redução da massa muscular (Kahn & Flier, 2000; Lizcano & Guzmán, 2014; Shilpa et al., 2014). Esta redução da massa muscular associada às inflamações crónicas e alterações endócrinas contribui, igualmente, para a redução do metabolismo, favorecendo ainda mais o acúmulo de gordura (Kalyani et al., 2014; Shilpa et al., 2014).

Para além da obesidade ser um fator independente de risco para a saúde, a forma como se encontra distribuída a gordura pelo corpo também acentua o risco de desenvolvimento de DCV e de outras desordens metabólicas (American College of Sports Medicine, 2014). A gordura androide, localizada no tronco (American College of Sports Medicine, 2014; Shilpa et al., 2014), tem sido fortemente associada com doenças cardiovasculares, diabetes tipo II, síndrome metabólica, entre outras (International Diabetes Federation, 2006; St-Onge & Gallagher, 2010).

As modificações da composição corporal associadas ao envelhecimento e/ou desuso, refletidas na menor quantidade de massa muscular, maior quantidade de massa gorda, com aumento da gordura abdominal e maior concentração da gordura visceral comparativamente à gordura subcutânea, podem implicar não apenas o maior risco de desenvolvimento de DCV e metabólicas mas igualmente a continua perda da aptidão física, diminuição da funcionalidade e da mobilidade, comprometendo a realização das atividades da vida diária (Shilpa et al., 2014; Wilmore & Costill, 1999).

### 2.3. Dislipidemia

Um terço das cardiopatias é atribuído às dislipidemias, as quais consistem em alterações do metabolismo lipídico (Catapano et al., 2016).

Elevados níveis de colesterol de baixa densidade (LDL) (Gordon et al., 1977) e de triglicerídeos (Rafieian-Kopaei et al., 2014) podem despoletar uma série de reações que podem levar tanto à inflamação crônica de baixo grau (Guarner & Rubio-Ruiz, 2015; Nilsson, 2014) como à formação de ateromas (Bitzur et al., 2009; Félix-Redondo et al., 2013a).

Os idosos apresentam uma prevalência aumentada de hiperlipidemia devido a alterações no metabolismo e no equilíbrio lipídico (Félix-Redondo et al., 2013b). Desta forma, os idosos são caracterizados por valores elevados de colesterol total e baixos níveis de lipoproteínas de alta densidade (HDL) (Psaty et al., 2004; Shao et al., 2011).

A dislipidemia é mais prevalente nas mulheres idosas do que nos homens idosos devido às alterações orgânicas que ocorrem na pós-menopausa, o que leva à redução dos níveis de lipoproteínas de alta densidade (Millán et al., 2009). Estas partículas de HDL parecem interagir com o epitélio das artérias removendo o colesterol das paredes arteriais e transportando-o até ao fígado para ser eliminado do organismo (Daniels et al., 2009). Em contrapartida, o LDL tem um importante papel no desenvolvimento da aterosclerose (Gofman et al., 2016), enquanto o HDL tem um efeito protetor (Jung & Choi, 2014).

Apesar do valor elevado de triglicerídeos não ser claramente reconhecido como fator de risco independente para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares, níveis séricos elevados deste lipídeo aumentam o risco para aterosclerose porque estão frequentemente associados a altos níveis de LDL e baixos níveis de HDL (Jung & Choi, 2014).

Sendo assim, a prevenção e o tratamento da dislipidemia em idosos deve ser implementado. O *National Cholesterol Education Program Guidelines* destaca que todas as pessoas com dislipidemia devem ser aconselhadas em relação à dieta e encorajadas a aumentar a prática de atividade física (Stone et al., 2014).

## **2.4. Hiperglicemia e Diabetes**

A hiperglicemia é uma condição caracterizada por níveis elevados de glicose plasmática, podendo ser causada por diversas etiologias, como a redução da sensibilidade à insulina (Ryden et al., 2013) ou a deficiência de mecanismos enzimáticos de transporte de glicose transmembrana (Blake & Trounce, 2014), o que poderá implica uma condição de hiper-insulinémia (Lee & Halter, 2017) ou ainda a incapacidade de produção da insulina nas células beta do pâncreas (Ryden et al., 2013), levando ao desenvolvimento da diabetes, respetivamente do tipo I e II.

Esse excesso de glicose sanguíneo é lesivo e trata-se de um fator de risco cardiovascular (Cassells, 2003), sendo ainda mais agravante quando associado à diabetes, o que condiciona um risco cardiovascular global muito elevado (Mancia et al., 2013; Mancia et al., 2014; World Health Organization, 2011a)

A diabetes, por sua vez, é uma condição crónica com elevado risco de morbilidade (Chentli et al., 2015), doenças vasculares (Haffner & Cassells, 2003), doença das artérias coronárias (Corriere et al., 2013), comprometimento da função física (Kirkman et al., 2012), cognitiva (Chentli et al., 2015), retinopatia (Corriere et al., 2013), nefropatia (Blake & Trounce, 2014) e mortalidade (Caspersen et al., 2012).

Os idosos possuem um risco especialmente acrescido para desenvolver diabetes tipo II, isto devido às alterações fisiológicas próprias do envelhecimento, efeitos combinados de influências genéticas e do estilo de vida (Blake & Trounce, 2014; Lee & Halter, 2017). Em Portugal existe uma alta prevalência de diabetes entre os 20-79 anos (Gardete-Correia et al., 2010).

Sendo assim, além do tratamento farmacológico na diabetes, a adoção de estilos de vida saudáveis com a redução do tempo sedentário (Korytkowski & Forman, 2017) e a inclusão de atividade física de intensidade moderada a vigorosa (American Diabetes, 2015; World Health Organization, 2016) é importante dado o seu impacto na diminuição da resistência insulínica além de auxiliar na perda de peso.

## **2.5. Síndrome metabólica**



A síndrome metabólica (SM) é caracterizada pela presença simultânea de pelo menos três dos cinco fatores de risco metabólico (obesidade abdominal, TA sistólica ou diastólica elevada, níveis elevados de triglicerídeos, níveis reduzidos de lipoproteínas de alta densidade e hiperglicemia) (International Diabetes Federation, 2006). A presença de síndrome metabólica aumenta a probabilidade de ocorrência de um evento cardiovascular e aumenta de forma importante o risco de diabetes tipo II (Hurt et al., 2010; Liu et al., 2015; Roberts et al., 2013).

Nos idosos, a presença de fatores de risco metabólicos condiciona a elevada prevalência de SM (Scuteri et al., 2010). Estima-se que a prevalência da síndrome metabólica entre adultos, a nível mundial, seja de cerca de 20% a 25% (International Diabetes Federation, 2006). Entre os idosos portugueses essa prevalência também tem aumentado devido às altas taxas de obesidade, hipertensão e diabetes tipo II nesta população (Raposo et al., 2017).

O desenvolvimento da SM está relacionado com fatores de risco associados aos hábitos e aos comportamentos adotados (alimentação inadequada, sedentarismo e inatividade física) (Tran et al., 2016), os quais são muito comuns nos idosos (Chan & Woo, 2010; Kaur, 2014). Num estudo transversal com 227 idosos verificou-se uma associação inversa entre aptidão física e SM, sugerindo que idosos com mais alta aptidão cardiorrespiratória e resistência muscular teriam menores chances de desenvolver SM do que aqueles com mais baixos valores nesses componentes da aptidão física (Hee-Jin & Sang-Hwan, 2015). Além disso, um estudo de intervenção com 31 idosos demonstrou que 12 semanas de caminhada conjuntamente com educação para saúde provocou um efeito positivo em diferentes fatores de risco para SM no grupo de intervenção comparativamente ao controle (Eun-Gyoung Lee et al., 2014). Sendo assim, é possível intervir e alterar os fatores de risco metabólicos em idosos.

## **2.6 Comportamento Sedentário**

O comportamento sedentário refere-se a qualquer comportamento de vigília caracterizado por um gasto de energia  $\leq 1,5$  equivalentes metabólicos (METs) enquanto sentado ou reclinado (Sedentary Behaviour Research

Network, 2012; Tremblay et al., 2017), sendo o tempo sedentário considerado  $\geq 100$  count/min (Garcia-Hermoso et al., 2015).

O comportamento sedentário é composto por diversas atividades como o tempo sentado (no carro, a ler, a comer, a estudar, tempo de tela (televisão, vídeo game, computador), o tempo deitado, entre outros (Owen et al., 2010). A avaliação do tempo de sedentário é usualmente feita através de métodos de auto-relato e/ou medidas objetivas (Blair & Haskell, 2006; Schuna et al., 2013).

Evidências acumuladas têm demonstrado uma associação inversa entre o tempo gasto em comportamento sedentário com a morbimortalidade cardiovascular (Bergouignan et al., 2016; Hamilton et al., 2008; Young et al., 2016).

Sabe-se que a atividade física diária reduzida e adoção do comportamento sedentário são frequentes na população idosa, sendo impactantes nos indicadores de saúde (Harvey et al., 2013), nomeadamente no aumento da morbimortalidade (Rezende et al., 2014) (Garcia-Hermoso et al., 2015; Ploeg et al., 2012; Seguin et al., 2014), diminuição na aptidão funcional e de mobilidade (Arnardottir et al., 2013) o que prejudica a modulação hemodinâmica (Garcia-Hermoso et al., 2015) e provoca danos ao endotélio (Thosar et al., 2012), provocando igualmente o envelhecimento vascular prematuro (Garcia-Hermoso et al., 2015). Para além disso, este tipo de comportamentos frequentemente observados na população idosa, levam à diminuição da sensibilidade à insulina (Seguin et al., 2014) e ao desequilíbrio no metabolismo (Hamilton et al., 2008) o que resultará num aumento do tecido adiposo (Meneguci et al., 2015).

Pesquisas revelam que a permanência de longos períodos de tempo sentado ou a combinação destes com baixos níveis de atividade física está associada com o aumento de risco de desenvolvimento das DCVs, particularmente em mulheres com idade superior a 65 anos de idade (Chomistek et al., 2013). Pelo contrário, mulheres idosas entre os 65 -103 anos de idade que permanecem menos tempo prolongado em comportamento sedentário ou mais tempo em atividade física moderada apresentam melhor aptidão funcional e menor risco de DCV (Santos et al., 2012).

### **3. Redução do risco cardiovascular no idoso**

#### **3.1. Atividade física**

A atividade física é definida como qualquer movimento corporal que aumenta o consumo de energia para além dos níveis de repouso (Booth et al., 2012; Caspersen et al., 1985). A atividade física pode ser categorizada em atividade física ocupacional, de lazer, desportiva, doméstica e de transporte (Caspersen et al., 1985; Cheng et al., 2013). A atividade física varia entre intensidades leves até intensidades altas e muito altas, de acordo com o gasto energético associado (Caspersen et al., 1985).

Há fortes evidências acerca dos benefícios da atividade física sobre a saúde cardiovascular, sendo estes dependentes da quantidade e da intensidade (Aoyagi et al., 2010; Ekblom-Bak et al., 2014; Holland et al., 2016). As linhas orientadoras internacionais da atividade física preconizadas por instituições como o Colégio Americano de Medicina do Exercícios (ACSM, 2014) e a OMS (WHO, 2010b) referem que a quantidade mínima de atividade física semanal com impacto positivo sobre a saúde cardiovascular deva ser de 150 minutos a uma intensidade moderada a vigorosa. Alternativamente, também se pode realizar 75 minutos de atividade física vigorosa, ou a combinação de ambas (ACSM, 2014). Com o propósito de aumentar os benefícios à saúde, sugere-se 300 minutos de atividade física moderada e 150 de atividade física vigorosa ou combinação equivalente entre as intensidades (ACSM, 2014).

Os efeitos positivos da atividade física sobre o risco cardiovascular podem ser evidenciados pelo seu impacto na modificação de fatores de risco cardiovasculares (Garcia-Ortiz et al., 2014), tais como no controle do peso corporal (Prior et al., 2014; Swift et al., 2014), no controle da pressão arterial (Gerage et al., 2015), na elevação das lipoproteínas de alta densidade HDL-c (Stewart et al., 2005) e na melhoria da sensibilidade à insulina (Leenders et al., 2013; Prior et al., 2014).

Por outro lado, a inatividade física que se refere ao não cumprimento das recomendações de atividade física moderada a vigorosa (Sedentary Behaviour Research Network, 2012), tem sido descrita como sendo responsável por aproximadamente 3,2 milhões de mortes no mundo, sendo apontada como um

dos principais fatores de risco para o desenvolvimento das doenças cardiovasculares (WHO, 2010c). Comparativamente a indivíduos suficientemente ativos, os inativos têm um risco acrescido de aproximadamente 20% a 30% de mortalidade por todas as causas (WHO, 2011a). Em Portugal, apenas 35% dos idosos com idade acima de 65 anos cumprem as recomendações internacionais da atividade física (Baptista et al., 2011).

### **3.2. Exercício Físico**

O exercício físico pode ser entendido como um subtipo de atividade física que se caracteriza por ser planeado, estruturado e repetido no tempo (Caspersen et al., 1985). Este tem por objetivo o desenvolvimento da aptidão física, de habilidades motoras e/ou a reabilitação orgânico-funcional (Harridge & Lazarus, 2017; United States Department of Health and Human Services, 2008). Um programa de exercício físico é geralmente constituído por exercícios aeróbios, de resistência muscular, flexibilidade, equilíbrio, agilidade e exercícios de propriocepção (American College of Sports Medicine, 2014). Havendo também variação das intensidades, contemplando prioritariamente as moderadas e vigorosas (Eijssvogels et al., 2016).

Assim como os adultos, os idosos também beneficiam da prática de exercício físico (Ohta et al., 2012). O ACSM destaca que a prática de exercício físico por idosos, adicionada às atividades físicas habituais, acarreta benefícios para a saúde (Bauman et al., 2016; Nelson et al., 2007a). Esses benefícios podem ser tanto indiretos, quando conseguimos modificar fatores de risco (ex. pressão arterial, rigidez arterial, dislipidemia, controle da glicose, gordura corporal) quanto diretos (Bohn, 2016; Bohn et al., 2017; Seals, 2014a).

Com base na evidência, a prática de exercício físico é reconhecidamente considerada como uma estratégia para diminuir os riscos de doenças crónicas (Strath et al., 2013), bem como para reduzir os riscos de limitações físicas e melhorar a qualidade de vida (American College of Sports Medicine, 2014). Sendo importante destacar que a combinação entre a intensidade, volume, frequência e tipo de exercício leva aos objetivos estipulados no treino (American College of Sports Medicine, 2014; Strohacker et al., 2015), melhorando, assim, a aptidão física e saúde do idoso.

As recomendações para os idosos apontam para a realização de exercício aeróbio a uma frequência de cinco ou mais sessões semanais com duração de 30 a 60 minutos a uma intensidade moderada. Alternativamente, são recomendados 20 a 30 minutos diários de exercícios aeróbios de intensidade vigorosa ou ainda a combinação entre exercícios aeróbios de intensidade moderada a vigorosa (American College of Sports Medicine, 2014; Mendes et al., 2011). O trabalho de força e de resistência muscular deve ser somado ao exercício aeróbio, sendo a frequência mínima indicada de duas vezes por semana (Nelson et al., 2007a) com 2 a 3 séries de 8 a 10 exercícios, com 10 a 15 repetições a uma intensidade entre os 40% e 70% da força máxima (1RM) (American College of Sports Medicine, 2014).

Além do exercício aeróbio e de força/resistência muscular devem ser recomendados outros exercícios, como os de flexibilidade. Assim, são recomendados movimentos lentos e alongamentos estáticos que envolvam grandes grupos musculares (Nelson et al., 2007a). Ainda para melhorar a mobilidade muscular e reduzir os riscos de queda são sugeridos exercícios de agilidade, equilíbrio e de propriocepção (ACSM, 2014).

Foi demonstrado que os exercícios aeróbios interferem modulando positivamente no sistema cardiovascular (Vigorito & Giallauria, 2014) através de diversos mecanismos fisiológicos, entre os quais, alterando a função endotelial (Montero et al., 2014a), diminuindo a inflamação crônica (Fantin et al., 2012a; Kawano et al., 2012) e reduzindo o *stress* oxidativo (Korsager Larsen & Matchkov, 2016). O conjunto de modificações fisiológicas pode alterar tanto a estrutura como a função do sistema cardiovascular (Hellsten & Nyberg, 2015; Joyner & Casey, 2015).

### **3.3. Aptidão Física**

A aptidão física refere-se a um conjunto de atributos ou capacidades que os indivíduos possuem ou atingem e que se relaciona com a capacidade de realização de atividades físicas (American College of Sports Medicine, 2014; Caspersen et al., 1985). No idoso, para além de ser um forte preditor do estado de saúde (Warburton et al., 2006), a aptidão física determina a capacidade de viver de forma independente (Furutani, 1998; Marques et al., 2014).

O declínio físico relacionado à idade corresponde à perda de força muscular como resultado da perda de massa muscular, diminuição da capacidade aeróbia, redução da mobilidade e flexibilidade, do equilíbrio e da agilidade (Bullo et al., 2015; Ramos, 2013).

Assim, para o idoso assumem particular importância os componentes da aptidão física relacionada à saúde, tais como, a capacidade cardiorrespiratória, a composição corporal, a força muscular e a flexibilidade (Caspersen et al., 1985) e o equilíbrio (Booth et al., 2012). O estado, mais favorável de cada um desses componentes da aptidão física está associado a um menor risco de desenvolvimento de doenças crônicas e incapacidade funcional (Haskell et al., 2007).

## **4. Envelhecimento e alterações funcionais**

### **4.1 Aptidão Cardiorrespiratória**

A aptidão cardiorrespiratória está relacionada com a eficiência do sistema cardiovascular e respiratório em fornecer oxigênio aos músculos e outros sistemas corporais para produzir energia durante o trabalho mecânico (Booth et al., 2012; Hellsten & Nyberg, 2015). Está ainda relacionada com a capacidade de realizar uma atividade por um período prolongado de tempo (Wilmore & Costill, 2001).

No envelhecimento as modificações no desempenho da resistência cardiorrespiratória são atribuídas às reduções tanto da circulação central quanto da periférica.

Assim, o volume máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ) diminui cerca de 10% por década nos homens e nas mulheres sedentárias. Entre os 20 e os 80 anos, o  $VO_{2max}$  cai cerca de 50% (Strait & Lakatta, 2012). Essa diminuição do  $VO_{2max}$  é, entre outros, consequência do declínio da frequência cardíaca máxima e do volume de ejeção, que reduzem o débito cardíaco, limitando, portanto, o transporte de oxigênio aos músculos (Wilmore & Costill, 2001). Verifica-se também, com o envelhecimento, o aumento da espessura da parede ventricular, aumento da resistência vascular periférica com consequente aumento da TA,

aumento no volume diastólico final, redução no volume sistólico máximo e redução da diferença arteriovenosa de O<sub>2</sub> (Assar et al., 2012; DeVan & Seals, 2012; Foss & Keteyian, 1998; Nilsson, 2014)

A baixa aptidão cardiorrespiratória está associada a um risco acrescido de morte prematura por todas as causas (Lee et al., 2010a) e por doenças cardiovasculares (Heyward & Gibson, 2014). Pelo contrário, níveis elevados de aptidão cardiorrespiratória limitam a prevalência e a progressão das doenças cardiovasculares (Thijssen et al., 2010), associando-se, por isso, com benefícios à saúde (ACSM, 2014).

## **4.2. Força muscular**

A força muscular é a tensão que um músculo ou grupo muscular consegue exercer contra uma resistência em esforço máximo (Foss & Keteyian, 1998). Sendo dependente da massa muscular esquelética que, por sua vez, é fortemente influenciada pela componente genética, mas também pelos padrões de uso (Roth, 2012).

Com o envelhecimento, observa-se uma redução da funcionalidade muscular devido à perda de força, potência e resistência dos músculos esqueléticos (Kalyani et al., 2014; Power et al., 2013; Reid & Fielding, 2012; Volpi et al., 2004). Esse declínio gradual da funcionalidade muscular no idoso deve-se essencialmente à diminuição do número de fibras musculares, à sua atrofia, em particular das fibras tipo II e à redução na quantidade de motoneurónios (Vandervoort, 2002).

A massa muscular é bastante sensível à diminuição da carga mecânica, implicando a atrofia do músculo-esquelético (Booth et al., 2012). Dos 30 aos 80 anos, a massa muscular tende a diminuir em torno de 30 a 50% (Milanović et al., 2013c). Já as perdas de força muscular ocorrem a uma taxa aproximada de 12% a 14% por década após a idade de 50 anos (Milanović et al., 2013c).

A sarcopenia, que se caracteriza pelo decréscimo da quantidade e qualidade muscular (Roth, 2012), parece estar igualmente relacionada com fenómenos de desnervação/reinervação das unidades motoras, onde a inervação “colateral” ocorre como resposta à progressiva perda de motoneurónios (Jang & Van Remmen, 2011). Em cada ciclo de desnervação-

reinervação a síntese proteica está negativamente afetada pela idade (Miljkovic et al., 2015), os motoneurónios sobreviventes podem apresentar uma reduzida capacidade de reinervar as fibras desnervadas, formando, assim, uma região com menor capacidade contráctil, acelerando a atrofia e a perda de força muscular (Jang & Van Remmen, 2011). Então pode ser visível a infiltração de tecido conjuntivo e/ou gordura, originando, assim, uma perda da função e da área contráctil (Miljkovic et al., 2015; Narici & Maffulli, 2010).

A força muscular reduzida aumenta o risco cardiovascular (Artero et al., 2012) e a incidência de queda (Baum et al., 2003). Contudo, o treino de força no idoso (Artero et al., 2012), parece aumentar a massa muscular, melhorar o recrutamento de unidades motoras (Edstrom & Grimby, 1986), melhorar a agilidade quedas (Phelan et al., 2015) dando maior segurança e estabilidade ao idoso (Kendrick et al., 2014), retardar as perdas motoras próprias do envelhecimento (Yu, 2015) e a sarcopenia (Iolascon et al., 2014). Além disso, pode inclusivamente levar ao aumento ou manutenção da massa e funcionalidade muscular (Mayer et al., 2011), induzindo benefícios como a melhoria da mobilidade e do equilíbrio, auxiliando na prevenção de quedas (Bauman e Smith, 2000; Heikkinen, 2004).

### **4.3. Flexibilidade**

Flexibilidade é a capacidade de uma articulação se mover até à sua amplitude máxima (ACSM, 2014). Com o envelhecimento vários fatores podem modificar e reduzir a flexibilidade tais como alterações da massa magra, degeneração da massa óssea, das cartilagens e dos reflexos neuromusculares. Além disso, a flexibilidade pode ser influenciada pelo sexo, nível de treino, raça, histórico de lesão, temperatura e hora do dia (Franken, 2010; Holland et al., 2002; Stathokostas et al., 2012).

A redução da densidade mineral óssea e degeneração da cartilagem resultam de alterações hormonais, mudanças do metabolismo do cálcio e do metabolismo ósseo, entre outros, o que consequentemente pode levar ao desenvolvimento de doenças, como a osteoartrite, que podem diminuir a amplitude do movimento seja por dores ou por limitações anatómicas. Alterações na produção do colagénio e da elastina provocam rigidez articular,



diminuição da flexibilidade (Holland et al., 2002; Tuite et al., 1997), implicando em perdas da mobilidade e funcionalidade do idoso (Holland et al., 2002).

A sarcopenia e redução dos motoneurónios, por sua vez, provocam atrofia muscular (Holland et al., 2002). Isto porque o sistema neuromuscular é responsável pela condução de respostas e preservação da musculatura e dos tendões (Riemann & Lephart, 2002). Assim, os músculos possuem diversos recetores, dentre eles estão os que regulam o alongamento e manutenção da amplitude do movimento, como o fuso muscular e o órgão tendinoso de Golgi (Apostolopoulos et al., 2015; Franken, 2010), estes estão intrinsecamente relacionados com a flexibilidade.

Os fusos musculares são recetores formados por fibras musculares especiais, as fibras intrafusais, que estão envolvidas pelas fibras musculares extrafusais (Powers & Howley, 2009), estas unem-se para funcionar como fuso muscular primário que responde ao movimento dinâmico do músculo e o secundário mantém informações contínuas ao sistema nervoso central a respeito ao comprimento estático do músculo (Franken, 2010; Powers & Howley, 2009). Os fusos musculares auxiliam na regulação da locomoção e da postura (Franken, 2010). O Órgão Tendinoso de Golgi é um mecanoreceptor sensível ao estiramento muscular e responde a qualquer modificação na tensão dos tendões, provocada por estiramento passivo ou ativo de um músculo. São localizados nas aponeuroses, ou junções músculo-tendinosas (Hutton & Atwater, 1992). Uma das funções do Órgão Tendinoso de Golgi é percepção do excesso de contração nas fibras musculares (Franken, 2010; Powers & Howley, 2009) fornecendo retroalimentação ao sistema nervoso central sobre a tensão ocorrida no músculo (Powers & Howley, 2009).

Estas modificações do tecido ósseo, neuromuscular, cartilagens, ligamentos e tendões, provocam alterações na estrutura articular, causando redução da mobilidade (Fatouros et al., 2006; Holland et al., 2002; Stathokostas et al., 2012), considerada como a capacidade de se mover de forma segura e independente (Holland et al., 2002) que pode envolver uma ou mais articulações (Holland et al., 2002). Estes mecanismos envolvidos na flexibilidade muscular e mobilidade articular são agravados com a inatividade física (Carneiro et al., 2015; Tuite et al., 1997), piorando ou antecipando as alterações advindas do envelhecimento primário. Por isso, programas de exercício podem reduzir a

perda da flexibilidade e o encurtamento da musculatura, sendo especialmente importante o trabalho da parte posterior do troco (Milanović et al., 2013c; Pollock et al., 1998) para manutenção da flexibilidade da coluna dada a sua importância para a locomoção (Carneiro et al., 2015). Além da sua relevância para funcionalidade quotidiana, a perda de flexibilidade é igualmente responsável por dores lombares, desconforto articular e muscular no idoso (Carneiro et al., 2015; Milanović et al., 2013c).

Existem várias recomendações que incluem exercícios de flexibilidade, sendo essa essencial para a manutenção da autonomia (Stathokostas et al., 2012) e da qualidade de vida do idoso (American College of Sports Medicine, 2014; Carneiro et al., 2015; Garber et al., 2011).

#### **4.4. Composição corporal**

A composição corporal refere-se aos principais componentes estruturais do nosso corpo: massa livre de gordura (músculos, ossos, sangue, órgãos e fluidos) e gordura corporal (gordura visceral e subcutânea) (McArdle et al., 2001). Dada a sua implicação em várias condições de morbilidade e mortalidade (ACSM, 2000), a compreensão ou conhecimento básico sobre este componente da aptidão física tem merecido um papel de destaque nas áreas da saúde em geral e da atividade física em particular.

Com o envelhecimento as modificações na taxa metabólica de repouso parecem contribuir para as mudanças na composição corporal, favorecendo o aumento da massa gorda e a diminuição da massa magra (St-Onge & Gallagher, 2010). A combinação de fatores, não modificáveis, como a genética (Ramos, 2013), e os modificáveis, dos quais podemos citar os níveis de atividade física e o consumo energético (St-Onge & Gallagher, 2010), podem ampliar ainda mais essas alterações próprias do envelhecimento primário.

A função do tecido adiposo é regular o fluxo lipídico no organismo, modulando, tanto a homeostase lipídica como a homeostase da glucose (Duren et al., 2008). Isto porque as moléculas de gordura, que são armazenadas nos adipócitos, são liberadas na circulação sanguínea em forma de ácidos gordos que podem ser utilizados pelos músculos como fonte de energia. No entanto, níveis elevados de ácidos gordos circulantes na corrente sanguínea podem

aumentar a resistência insulínica no músculo-esquelético (Guilherme et al., 2008).

Como já referido anteriormente, o sobrepeso e a obesidade são prejudiciais à saúde. Nos idosos a percentagem de gordura tende a aumentar (St-Onge & Gallagher, 2010) como resultado de alterações hormonais e também por fatores comportamentais (ex: baixos níveis de atividade física e de exercício físico e sedentarismo) (Milanović et al., 2013b). É aceitável e considerado satisfatório para manutenção da saúde, um percentual de gordura entre os 10% - 22% para os homens e para mulheres de 20% - 32% (American College of Sports Medicine, 2014).

Além do percentual global de gordura, a distribuição da gordura corporal é reconhecida como um importante indicador prognóstico de saúde (American College of Sports Medicine, 2014). A obesidade androide (gordura localizada na região abdominal) representa um maior risco à saúde quando comparada à gordura ginóide (gordura na região da anca), pois está associada com maior risco de doenças cardiovasculares, hipertensão, síndrome metabólica, diabetes tipo II e dislipidemia (American College of Sports Medicine, 2014). Ainda no que se refere à distribuição corporal de gordura, a gordura visceral (abdominal profunda envolvendo os principais órgãos) apresenta maior risco cardiovascular quando comparada à gordura subcutânea e é a mais prevalente com o envelhecimento (Power & Howley, 2005).

A obesidade abdominal, medida pela circunferência da cintura (CC) e a razão cintura/anca (RCA), têm sido significativamente associadas ao risco de incidência de eventos cardiovasculares. Um aumento de 1 cm na CC foi associado a um aumento de 2% no risco de DCVs futuras e um aumento de 0,01 na RCA foi associado a um aumento de 5% nesse mesmo risco (Koning et al., 2007).

Além da gordura, o organismo é constituído por massa magra, a qual é composta de proteínas, componentes químicos, água e minerais (McArdle et al., 2001; St-Onge & Gallagher, 2010). Com o envelhecimento há um declínio da massa muscular magra (Siparsky et al., 2014), o que parece estar associado com a atrofia e redução do número das fibras musculares (Miljkovic et al., 2015; Narici & Maffulli, 2010). Essa perda parece ser mais prevalente a partir dos 70 anos de idade (Mitchell et al., 2012), sendo maior nos homens do que nas

mulheres (Goodpaster et al., 2006; Mitchell et al., 2012). Entre os 75 e os 80 anos a massa magra passa a representar cerca de 25% do peso corporal total (Kalyani et al., 2014).

A perda de massa magra parece ser mais acentuada nas extremidades inferiores (Goodpaster et al., 2006), fato que possui grande relevância pois interfere diretamente na mobilidade do idoso (Kalyani et al., 2014; Miljkovic et al., 2015). Paralelamente à perda de massa magra, a força muscular diminui gradativamente até aos 70 anos e após essa idade parece ser acelerada, passando de 25% para 40 % por década (Mitchell et al., 2012).

## **5. Rigidez arterial como preditor de risco cardiovascular**

A rigidez arterial é a redução da elasticidade e da complacência das grandes artérias (Stoner et al., 2012). Também conhecida por arteriosclerose, trata-se de um fator de risco cardiovascular (Palombo & Kozakova, 2016) sendo inclusivamente um preditor independente de mortalidade cardiovascular (Mitchell et al., 2010) e de mortalidade global (Oliveira et al., 2015; Vlachopoulos et al., 2010).

O envelhecimento primário provoca a fadiga dos componentes estruturais da camada média das grandes artérias (Fleg & Strait, 2012) e condiciona a degradação da elastina e deposição de colagénio na parede dos vasos, levando ao espessamento dos vasos (Palombo & Kozakova, 2016), à dilatação do lúmen (Collins et al., 2014; Zieman et al., 2005) e à redução da complacência arterial (Lee & Oh, 2010; Liao & Farmer, 2014). Estas alterações estruturais condicionam adaptações funcionais (Cavalcante et al., 2011).

Em artérias jovens e saudáveis, a contração do ventrículo esquerdo projeta para a aorta um volume grande de sangue a alta pressão. A aorta é bastante complacente e fica com o seu diâmetro aumentado, permitindo a acomodação de grande parte do sangue (Collins et al., 2014; Stepan et al., 2011). À medida que o ciclo cardíaco evolui, as paredes da aorta voltam ao seu diâmetro inicial permitindo que o sangue seja projetado através da árvore arterial de uma forma contínua, constante e a uma velocidade reduzida (Fortier & Agharazii, 2015). Neste trajeto, o sangue arterial percorre vasos de diâmetros cada vez menores e encontra pontos de descontinuidade que, por sua vez,

geram pequenas ondas de regresso ao coração (onda reflexa), que atingem o ventrículo esquerdo quando este já se encontra em diástole (Safar et al., 2003).

Já nas artérias envelhecidas, a complacência da aorta está reduzida, o que confere consequências hemodinâmicas importantes (Laurent et al., 2006; Mendes et al., 2016). Inicialmente, a capacidade de acomodação de sangue fica reduzida, fazendo com que o sangue percorra a árvore arterial a uma velocidade maior e pulsátil (Fortier & Agharazii, 2015). Assim, com o aumento da velocidade de propagação, também a velocidade da onda reflexa o é, atingindo o ventrículo esquerdo enquanto ainda está em sístole (Laurent et al., 2006). Por isso, as consequências hemodinâmicas são aumento da TA sistólica, redução da TA diastólica e elevação da pressão de pulso (e.g. diferença entre TA sistólica e diastólica) (Laurent et al., 2006; Safar et al., 2003).

Este conjunto de alterações hemodinâmicas favorece a hipertrofia do ventrículo esquerdo, aumentando a sua demanda de oxigénio e prejudicando a perfusão arterial coronariana, o que predispõe à isquemia do miocárdio (Cameron et al., 2013; Stoner et al., 2012). Além disso, o aumento da tensão sistólica acrescenta ainda mais a pressão sobre a parede das artérias, deteriorando a sua estrutura (O'Rourke & Hashimoto, 2008; Stepan et al., 2011). O fluxo pulsátil e valores pressóricos mais elevados comprometem também a perfusão a órgãos como rins (Laurent & Boutouyrie, 2015; Mitchell, 2009) e cérebro (Mitchell et al., 2004; Sehgel et al., 2015). Por fim, o aumento da TA e da pressão de pulso constituem fatores de agressão endotelial que podem predispor à aterosclerose e à evolução da mesma (Asmar et al., 2001).

## **5.1 Medição da rigidez arterial**

A rigidez arterial pode ser medida a título local, regional ou sistémico (Stoner et al., 2012).

A análise da rigidez sistémica é realizada através da análise da onda de pulso (Stoner et al., 2012). A partir do registo de ondas sequenciais periféricas (e.g. artéria radial) com a tonometria de aplanção (O'Rourke et al., 2001), é aplicado um algoritmo que transforma a onda periférica em onda central (e.g. aórtica), permitindo a estimação de tensões arteriais centrais e a avaliação de

parâmetros da onda central (Stoner et al., 2012) como pressão de aumentação, índice de aumentação, e índice de aumentação a 75% da frequência cardíaca (Stoner et al., 2012).

A pressão de aumentação se relaciona com o acréscimo da tensão arterial sistólica pela onda retrógrada (Sakuragi & Abhayaratna, 2010). O índice de aumentação é o valor da pressão de aumentação em relação a pressão de pulso (Sakuragi & Abhayaratna, 2010), sendo expresso em percentagem. O índice de aumentação a 75% da frequência cardíaca é a correção do índice de aumentação por 75% da frequência cardíaca, determinado em percentagem (Stoner et al., 2012).

A avaliação da rigidez local se realiza através de medições da espessura da íntima média através de técnicas *echotraking* (Sakuragi & Abhayaratna, 2010; Stoner et al., 2012). Neste caso, a espessura da artéria carótida tem bastante interesse devido à rigidez arterial, e à aterosclerose (Laurent et al., 2006a). Importa dizer que o elevado custo dos equipamentos e a dificuldade inerente à técnica de avaliação dificultam a utilização da mesma em estudos epidemiológicos (Stoner et al., 2012).

A velocidade da onda de pulso (VOP), é o índice de rigidez arterial regional. A VOP é a medição mais frequente em ensaios clínicos devido às evidências de sua associação com eventos e doenças cardiovasculares, independentemente dos fatores de risco tradicionais (Boutouyrie & Vermeersch, 2010; Huybrechts et al., 2011).

A VOP é explicada pelo modelo de propagação aplicado a circulação sistêmica, derivada da equação de Moens-Korteweg (Laurent et al., 2006b).

$$Co^2 = E \cdot h / 2rp,$$

Onde “Co” representa a velocidade da onda, “E” relação tensão-deformação para um determinado vaso arterial, “h” a espessura da parede do vaso, “r” o raio e “p” a densidade do fluido.

A VOP é uma técnica não invasiva e pode ser medida em dois diferentes pulsos (e.g. artéria braquial-tibial e carótida-femoral (Stoner et al., 2012), sendo porém a VOP entre as artérias carótida e femoral (VOP cf) a mais indicada (Laurent et al., 2006a) .

A VOPcf de jovens e de aproximadamente de 5 a 8m/s (Pisizzi, 2006). Já em indivíduos hipertensos e com idades entre os 60 e 80 anos pode chegar a

valores entre os 10 a 15m/s (Pisizzi, 2006). O ponto de corte utilizado para caracterizar a presença do fator de risco é de 10m/s (Mancia, 2013; Van Bortel et al., 2012).

A velocidade da onda de pulso é também medida através da tonometria de aplanção (Stoner et al., 2012). A sua medição pode ser feita com diferentes equipamentos, que por sua vez utilizam diferentes algoritmos para quantificar a VOP. Para sua quantificação são necessários a indicação de uma “distância” e de um “tempo” (Pierce et al., 2013).

Para medição da VOPcf é necessária medir a distância entre os dois pontos e embora existam diferentes possibilidades de medição (Wentland et al., 2014), a medida direta entre os dois pontos é a mais recomendada (Boutouyrie P. & Vermeersch, 2010).

O tempo para a onda percorrer uma determinada distância é no sistema SphygmoCor (ArtCor, Sydney, Austrália) o tempo de trânsito (Stoner et al., 2012). Os pulsos arteriais são medidos sequencialmente em um curto espaço de tempo com avaliação simultânea do eletrocardiograma (Laurent et al., 2006a). Através da aplicação de um algoritmo, é definido o pé da onda de cada um dos pulsos (e.x. carótida e femoral). De seguida, é calculado o tempo entre o pé da onda de um determinado pulso em relação da onda R do eletrocardiograma para os dois pulsos. O tempo de trânsito é então calculado como a diferença entre o tempo da onda R e o pulso distal (e.x. femoral) menos o tempo da onda R e o pulso proximal (e.x. carótida) (Butlin & Qasem, 2016).

Após determinação destes dois parâmetros, a VOP é calculada como sendo a divisão da distância (em metros) pelo tempo (em segundos) (Boutouyrie P. & Vermeersch, 2010). Sugere-se que este resultado seja multiplicado por uma constante de 0.8 para ajustar a sobrestimação da distância entre aorta e carótida (Boutouyrie P. & Vermeersch, 2010).

## **5.2. Rigidez Arterial e Atividade Física**

Como mencionado anteriormente, baixos níveis de atividade física estão associados com o risco de doenças crônicas, comprometendo a funcionalidade do idoso e a sua qualidade de vida (Virtuoso Júnior, 2008).

O envelhecimento primário leva ao declínio físico (Milanović et al., 2013c) que é acelerado pela presença de múltiplos fatores de risco, incluindo os relacionados a estilos de vida inadequados (Knight, 2012). Sendo a inatividade física um estilo de vida com consequências deletérias à saúde cardiovascular, atuando negativamente no sistema arterial (Endes et al., 2016), enquanto a prática de atividade física é cardioprotetora (Gomez-Marcos et al., 2016; Powers et al., 2014).

Embora escassos os estudos sobre a avaliação da influência da atividade física na rigidez arterial em idosos, Holland e colaboradores (2016) mostraram existir uma relação inversa entre a atividade física vigorosa auto-reportada e a complacência arterial em homens e mulheres com idade entre os 18 e os 78 anos. De igual modo, outro estudo sobre o envelhecimento cardiovascular e atividade física regular em indivíduos com idades entre os 20 e os 80 anos também concluiu que o tempo gasto em atividade de intensidade vigorosa se associa inversa e significativamente com a rigidez arterial (Garcia-Ortiz et al., 2012). Por fim, na mesma linha de resultados, apenas a atividade física vigorosa auto-reportada esteve inversamente associada com rigidez arterial (Caviezel, 2015), sendo a associação entre a rigidez arterial e a atividade física de intensidade moderada e a atividade física total semanal não significativa (Caviezel, 2015). Em contrapartida, outro estudo que monitorizou a atividade física habitual de 198 idosos (65 - 84 anos) ao longo de um ano por pedômetro e acelerômetro, mostrou que a realização de 16 minutos por dia de atividade física moderada, correspondente a aproximadamente 6.600 passos por dia em *counts*, esteve associada com uma VOPcf significativamente mais baixa (Aoyagi et al., 2010). Estes resultados levantam a hipótese de que, em idosos, a atividade física moderada pode exercer um impacto positivo na função arterial (Aoyagi et al., 2010).

Com base na evidência disponível, o entendimento das associações entre a atividade física diária e a rigidez arterial em idosos ainda requer novos estudos. Adicionalmente é importante realçar que os estudos que utilizam questionários para avaliação da atividade física podem apresentar resultados imprecisos. A utilização de questionários representa assim uma limitação importante porque valores auto-reportados de atividade física tendem a ser sobrestimados



comparativamente às medidas objectivas (e.x. acelerómetros) (Troiano et al., 2008).

### 5.3. Rigidez Arterial e Exercício Físico

A evidência sobre os benefícios do treino aeróbio sobre o sistema cardiovascular é bastante robusta (Gibala et al., 2012). O exercício físico parece exercer impacto positivo na rigidez arterial de adultos (Ashor et al., 2014), e o mesmo parece acontecer em idosos (Ashor et al., 2014; Madden et al., 2009).

Fantin et al. (2012b) aplicaram um programa de exercício aeróbio de intensidade moderada (60 minutos por dia, em duas sessões semanais de caminhada, durante 24 semanas) a um grupo de 21 idosos, das quais 11 eram normotensas e 10 hipertensas. Os resultados mostraram uma redução significativa da VOPcf nas hipertensas ( $13.16 \pm 2.46$  e  $11.87 \pm 2.09$  m/s, valor de  $p = 0.02$ ) e uma tendência não significativa para as normotensas (VOPcf  $11.74 \pm 2.38$  e  $11.26 \pm 2.11$  m/s, valor de  $p = 0.15$ ).

Madden et al. (2009) submeteram um grupo de 36 idosos (média de idade: 71,4 anos) com diabetes, hiperglicemia e hipercolesterolemia, a um programa de 3 meses de treino aeróbio de intensidade moderada a vigorosa (bicicleta estática e tapete rolante) com uma frequência de 3 vezes semanais (60 minutos/sessão). O programa de treino modificou a velocidade da onda de pulso radial (VOPr) e a velocidade da onda de pulso femoral (VOPf) dos idosos diabéticos treinados ( $-20.7 \pm 6.3$  vs.  $+8.5 \pm 6.6\%$ ,  $P= 0.005$  e  $-13.9 \pm 6.7$  vs.  $-4.4 \pm 3.3\%$ ,  $P= 0.015$ , respetivamente) comparativamente os idosos diabéticos do grupo de controlo.

De igual modo, Madden e colaboradores (2013) verificaram após três meses de treino (3 x semana, 60 minutos/sessão de treino aeróbio em bicicleta ergométrica e tapete rolante com intensidade moderada a vigorosa), que os 52 idosos diabéticos, hipertensos e dislipidémicos, com média de idade de 69,3 anos, apresentaram uma redução significativa na VOPr e VOPf comparativamente ao grupo de controlo. Contudo essa diferença não se manteve após os seis meses de intervenção entre os dois grupos controle e grupo treino [VOPr ( $p= 0.707$ ) e VOPf ( $p=0.680$ )].

Relativamente ao treino de reforço muscular, a evidência sobre o seu impacto na rigidez arterial é contraditória e escassa (Ashor et al., 2014; Melo et

al., 2006; Miyachi, 2013). Embora alguns estudos tenham mostrado que o treino de resistência muscular pode induzir alterações cardiovasculares positivas (Vigorito & Giallauria, 2014), o mesmo não acontece para o treino de força (Ashor et al., 2014).

O impacto do treino resistido sobre a rigidez arterial parece ser dependente da intensidade do treino e da população avaliada (Ashor et al., 2014). Exercício resistido de alta intensidade (maior que 70 % do 1RM) parece estar associado com o aumento da rigidez arterial (Miyachi, 2013). Por outro lado, programas de exercícios resistidos de baixa intensidade (de 40 - 70 % do 1RM)) parecem não desencadear efeitos significativos na rigidez arterial (Miyachi, 2013).

Quanto ao efeito de programas de exercício combinado (exercícios aeróbios e resistidos na mesma sessão), os mesmos parecem não alterar a rigidez arterial (Ashor et al., 2014). Contudo, a evidência sobre o impacto do treino combinado em idosos é extremamente escassa, o que destaca a necessidade de realização de estudos sobre esta temática (Lee et al., 2015a).

#### **5.4. Rigidez Arterial e Aptidão Física**

Os benefícios promovidos pela atividade física na aptidão cardiorrespiratória, na aptidão muscular e na composição corporal são reconhecidos em vários grupos etários (DeFina et al., 2015). Por outro lado, baixos níveis de aptidão física têm sido associados a efeitos adversos na saúde independente da idade (Kim et al., 2014; Kokkinos, 2012; Lee et al., 2010b; Yamamoto et al., 2009a). Além disso, outros componentes da aptidão física como, flexibilidade e massa muscular reduzida (Marcell et al., 2014; Metter et al., 2002), podem comprometer o equilíbrio e aumentar o risco de quedas (Jeoung, 2015), diminuir a mobilidade (Sampaio et al., 2014), e a funcionalidade do idoso (Milanović et al., 2013a). Além do mais, o baixo nível de aptidão física também pode agravar a rigidez arterial e contribuir para o desenvolvimento de DCV e promover uma vida de limitações e incapacidade (Seals, 2014).

Ser capaz de realizar as atividades físicas da vida diária de forma segura, autônoma e independente, sem sentir fadiga ou sensações de desconforto relevante para o idoso, mantendo-o funcional (Rikli & Jones, 1999). Esta

funcionalidade deve ser entendida como a habilidade para superar os desafios do autocuidado, da vida no lar e possuir mobilidade (Fernandes, 2015).

Para desempenhar as diversas funções do cotidiano como subir escadas, andar por um determinado espaço de tempo, transportar peso, realizar as atividades de lazer, efetivar interações sociais ou autocuidados, são necessárias várias habilidades. Estas permitem a independência dos idosos no ambiente em que vivem (Fernandes, 2015).

A influência dos níveis de atividade física na aptidão funcional geral de idosos foi verificada quando pesquisadores observaram associações entre a aptidão funcional geral e maiores níveis de atividade física diária. Isto sugere que o aumento da atividade física assegura a independência do idoso (Manini et al., 2007; Santos et al., 2012; Vagetti et al., 2015).

Em outro estudo verificou-se que o grupo submetido a exercício combinado, aeróbio e de resistência, realizado durante 16 semanas com indivíduos entre os 63 e os 64 anos, com hemiparesia crônica pós-acidente vascular cerebral (AVC), melhorou a força muscular, a flexibilidade e a velocidade da onda de pulso comparativamente ao grupo controle (Lee et al., 2015b).

Corroborando a validade da inclusão do componente da flexibilidade nos programas de exercício físico para a população idosa, não só objetivando a melhoria dos níveis de flexibilidade, estudos apontam que a flexibilidade em idosos foi inversamente associada com a rigidez arterial e com a VOP (Nishiwaki et al., 2014; Yamamoto et al., 2009b). Estes estudos sugerem que para níveis maiores de flexibilidade haveria valores menos elevados de VOP e da TA (Yamamoto et al., 2009b). Além disso, estes estudos observaram uma melhoria na mobilidade e na realização das tarefas do cotidiano dos idosos (Nishiwaki et al., 2014; Yamamoto et al., 2009b).

Reforçando este entendimento de que a aptidão física pode ser responsável por resultados positivos na rigidez arterial, um estudo transversal com 1590 adultos e idosos saudáveis, de ambos os sexos, demonstrou que, quer os adultos, quer os idosos com níveis mais baixos de rigidez arterial eram aqueles que possuíam melhor aptidão cardiorrespiratória e força muscular (Chung et al., 2017).

No que se refere à composição corporal, enquanto componente fundamental da aptidão física, um estudo clínico recente testou a hipótese de que o ganho de peso, mesmo em pessoas saudáveis não obesas, poderia aumentar a rigidez arterial. Quatorze voluntários do sexo masculino foram sobrealimentados por um excesso de aproximadamente 1000 calorias/dia durante 6-8 semanas, alcançando um ganho de peso de 5 kg. Os resultados mostraram um aumento na gordura abdominal total, na gordura visceral total, na circunferência da cintura e na rigidez arterial (Gusbeth-Tatomir & Covic, 2009). Paralelamente, este estudo verificou que o endurecimento das artérias determinado pelo ganho de gordura abdominal foi independente do ganho de gordura total, sugerindo a influência primordial da obesidade abdominal como risco cardiovascular (Gusbeth-Tatomir & Covic, 2009).

Apesar da importância da melhoria da aptidão física como fator modificador do risco cardiovascular, são ainda escassos os estudos feitos na população idosa acerca do efeito da aptidão física e funcional na sua saúde vascular. Assim, faz-se essencial a realização de estudos mais aprofundados que caracterizem as melhores estratégias de exercício para o grupo dos idosos no sentido de melhorar a sua aptidão física e a sua saúde cardiovascular.

De acordo com a revisão da literatura, parece-nos importante determinar o efeito de diversas características do exercício físico, nomeadamente a combinação de exercícios, no sentido de encontrar a dose-resposta ideal para a aquisição de maiores benefícios a este segmento populacional crescente nas nossas sociedades.

## CAPÍTULO II

---



## ESTUDO 1

### **Associação entre indicadores de rigidez arterial, atividade física diária, tempo sedentário e aptidão funcional em idosos**

#### **Resumo**

O presente estudo teve como objetivo observar a associação entre a atividade física (AF) diária e a aptidão funcional com a rigidez arterial (RA) em idosos. Foi realizado um estudo transversal envolvendo 170 participantes idosos (72,9% do sexo feminino; média de idade= 72,3 ± 6,6 anos). Procedeu-se avaliações de antropometria, aptidão funcional, AF e tempo sedentário (TS), e RA [velocidade da onda de pulso carótida femural (VOPcf), pressão de aumento (AP), índice de aumento aórtico (Alx) e índice de aumento aórtico corrigido para a frequência cardíaca de 75 batimentos por minuto (Alx@75%)]. Os resultados revelaram que a VOPcf apresenta: i) uma correlação inversa com os valores obtidos no *chair stand test*, *arm curl*, *chair-sit-and reach*, *back scratch*, *6 minute walk* e uma associação positiva com o tempo dispendido para completar o teste *8-foot up and go* e ii) uma correlação inversa com AF ligeira e AFMV e positiva com o TS; iv) apenas o *chair stand test* emergiu como preditor independente da VOPcf, não tendo sido encontrados quaisquer outros preditores da aptidão funcional para a VOPcf nem para a AP, Alx e Alx@75%.

Os resultados do nosso estudo demonstraram uma correlação significativa entre os níveis de aptidão funcional, AF e tempo sedentário com a RA, sugerindo que o aumento dos níveis de aptidão funcional e da AF, assim como, a diminuição do TS pode ser benéfico para a saúde cardiovascular dos idosos. No entanto, no nosso estudo, apenas a força/resistência muscular dos membros inferiores pareceram ser preditoras da rigidez arterial em idosos.

**Palavras-chave:** Envelhecimento, Velocidade da onda de pulso, Índice de aumento, Fatores de risco cardiovascular, Aptidão muscular, Aptidão cardiorrespiratória.

## Abstract

The present study aims to observe the association between daily physical activity (PA) and functional fitness with arterial stiffness (AS) in the elderly. A cross-sectional study involving 170 elderly participants (72.9% female, mean age =  $72.3 \pm 6.6$  years) was performed. Anthropometry, functional fitness, PA and sedentary time (ST), and AS (femoral carotid pulse rate (PWVcf), augmentation pressure (AP), aortic augmentation index (Aix) and corrected aortic augmentation at heart rate of 75 beats per minute (Aix @ 75%). The results showed that PWVcf presents: i) an inverse correlation with the values obtained in the chair stand test, arm curl, chair-sit-and reach, back scratch, 6-minute walk, and a positive association with the time spent to complete the test 8-foot up and go and ii) an inverse correlation with mild PA and moderately to vigorously physical activity (MVPA) and positive correlation with ST; iv) only the chair stand test emerged as an independent predictor of PWVcf, and no other predictors of functional fitness for PWVcf or AP, Aix and Aix@ 75% were found.

The results of our study demonstrated a significant correlation between the functional fitness levels, PA and sedentary time with RA, suggesting that the increase in the functional fitness levels and the PA, as well as, the decrease in the ST can be beneficial for the cardiovascular health of the elderly. However, in our study, only muscle strength/endurance of the lower limbs seems to be a significant predictor of arterial stiffness in the elderly.

**Keywords:** Aging, Pulse wave velocity, Aortic augmentation index, Cardiovascular risk factors, Muscular fitness, Cardiorespiratory fitness.



## **Introdução**

A rigidez arterial (RA) deve-se ao enrijecimento das artérias, provocando a fadiga dos seus componentes estruturais, sendo caracterizada pelas alterações nos vasos sanguíneos (Anderson, 2006; Lee & Oh, 2010; Stoner et al., 2012). Esta é uma das consequências fisiológicas do envelhecimento primário (Wagenseil & Mecham, 2012).

A redução na complacência modifica a capacidade de acomodação do fluxo sanguíneo pulsátil nos vasos, gerando uma alta pressão no ventrículo esquerdo (Quinn et al., 2012), agravada pelo retorno precoce da onda reflexa, aumento da pós-carga e redução da perfusão coronariana (Ashor et al., 2014; Mitchell et al., 2004; Tanaka & Safar, 2005). Estas consequências estruturais condicionam adaptações hemodinâmicas que levam à hipertensão arterial (Schiffrin, 2004), e podem provocar lesões de órgão alvo como coração, rins e cérebro (Laurent & Boutouyrie, 2015; Mitchell, 2009; Sehgel et al., 2015; Tanaka et al., 2000).

A RA é considerada um preditor independente para diferentes causas de mortalidade, nomeadamente de doença cardiovascular (DCV), como exemplo a doença isquêmica, acidente vascular cerebral, enfarte agudo do miocárdio, doenças coronarianas, entre outras (Huybrechts et al., 2011; Lessiani et al., 2016; Quinn et al., 2012). As DCVs são atualmente consideradas como uma das principais causas de mortalidade no mundo, com prevalências de 17,3 milhões de mortes por ano (Oliveira et al., 2015; Vlachopoulos et al., 2010; Wilkins et al., 2017; WHO, 2011), além de ser uma das principais causas de morte na população idosa (Direção Geral da Saúde, 2014; Jefferson et al., 2016).

O envelhecimento primário também está associado com o declínio físico (Milanović et al., 2013b), que é acelerado pela presença de múltiplos fatores de risco, incluindo os relacionados com estilos de vida inadequados (Knight, 2012), em particular com o aumento da inatividade física e do tempo sedentário (TS), e com o declínio da atividade e da aptidão física. A soma destes fatores contribui para o aumento do percentual de gordura e para a diminuição da massa magra (Endes et al., 2016; Jeoung, 2015; Kim et al., 2014; Seals, 2014), acelerando o aumento da RA. Além disso, estes fatores podem contribuir para o desenvolvimento de doenças crônicas como a diabetes e os distúrbios lipídicos,

além de conduzir à perda de capacidade funcional no idoso (Bullo et al., 2015; Milanović et al., 2013a; Mitchell, 2009; Sampaio et al., 2014). Este ciclo, aumenta o risco para DCV, incapacidade e perda da autonomia (Ciolac, 2013; Dias et al., 2017; Strath et al., 2013; Thijssen et al., 2010)

Dos diferentes métodos para avaliar a RA, a velocidade da onda de pulso carótida-femural (VOP-cf) é considerada padrão-ouro por causa da relativa facilidade na sua determinação e da confiabilidade do método (Boutouyrie & Vermeersch, 2010). Além disso, há evidências que demonstram a associação entre a VOPcf e as DCVs, independentemente dos fatores de risco em diferentes populações (Boutouyrie & Vermeersch, 2010). De igual modo, os indicadores de RA sistêmica como a pressão de aumento (AP), índice de aumento aórtico (Alx) e Alx@75% também se relacionam com o maior risco de desenvolvimento das DCVs (Laurent et al., 2006; Stoner et al., 2012).

Apesar destas evidências, são escassos os estudos que tenham avaliado objetivamente a atividade física. Por outro lado, são ainda necessários mais estudos que investiguem a potencial influência da aptidão funcional sobre os indicadores de rigidez arterial na população idosa. Diante disto, é importante avaliar a relação entre indicadores da RA, AF, TS e aptidão funcional em idosos para melhor compreensão do tema. Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo observar as correlações e associações entre a AF diária e aptidão funcional com indicadores de RA em idosos.

## **Materiais e métodos**

Este é um estudo de natureza observacional, sendo os dados coletados entre outubro de 2014 e outubro de 2015. Foi pedida autorização e realizadas reuniões em diferentes instituições de acolhimento de idosos para apresentação do estudo e convite para participação.

Aqueles que aceitaram participar, responderam a um questionário de anamnese para deteção de critérios de exclusão, assinaram o termo de consentimento informado e forneceram o número de telefone para agendamento das avaliações, realizadas nas respetivas instituições.

Cada participante foi avaliado em dois dias distintos. No primeiro dia, foram coletados dados relativamente à antropometria, aptidão física e foram entregues os acelerómetros para avaliação da AF diária. No segundo dia de avaliação, após oito dias da primeira avaliação, os idosos devolveram os acelerómetros e foram avaliados relativamente à tensão arterial e à RA.

### *Amostra*

Os idosos foram recrutados em 4 contextos distintos: i) participantes do Projeto “Mais Ativos, mais Vividos” da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, sendo que dos 100 idosos contactados, 94 aceitaram participar e 78 realizaram as avaliações; ii) utilizadores das Universidades Seniores ou Centros de Dia da região metropolitana do Porto sendo que após contactadas várias instituições apenas uma respondeu de forma positiva, onde 27 idosos manifestaram interesse em participar mas apenas 7 efetuaram as avaliações; iii) utentes dos Centros de Dia da região metropolitana do Porto, sendo que duas instituições responderam afirmativamente, e de um total de 41 idosos interessados apenas 32 realizaram as avaliações e iv) idosos do Programa Sênior em Movimento de Gondomar, onde dos 130 idosos das cinco freguesias do município (Jovim, Valbom 1, Valbom 2, Cabanas e São Cosme) 74 aceitaram fazer parte do estudo e apenas 53 foram efetivamente avaliados.

O único critério de inclusão foi idade mínima de 65 anos. Constituíram-se como critérios de exclusão: doença cardiovascular estabelecida, desordens cognitivas, neurológicas e ortopédicas; arritmias cardíacas, hipertensão arterial

severa (tensão arterial sistólica > 180 mm Hg ou tensão arterial diastólica > 100 mm Hg), síndrome coronário agudo, doença arterial periférica, desordens pulmonares e renais severas, doenças imunológicas e infecciosas crônicas.

Assim e porque 66 idosos não compareceram às avaliações, dos 236 sujeitos iniciais, a amostra final foi constituída por 170 idosos de ambos os sexos.

O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto/Portugal (Referência: CEFAD 06.2016). Todos os procedimentos foram realizados de acordo com a declaração de Helsínquia e todos os participantes assinaram o termo de consentimento informado (ANEXO I).

#### *Avaliação da antropometria*

As medidas antropométricas foram realizadas com os participantes descalços e vestidos com roupas leves. A estatura (em metros) foi avaliada com o estadiómetro móvel (Seca 217, Hamburgo, Alemanha). O peso corporal (em quilogramas) foi medido com uma balança digital portátil (Tanita Inner Scan BC 532, Tóquio, Japão). O índice de massa corporal ( $\text{kg/m}^2$ ) foi depois calculado e os seus valores classificados de acordo Lipschitz (Lipschitz, 1994).

O perímetro de cintura (em centímetros) foi medido com uma fita métrica não flexível no ponto médio entre a última costela e a crista ilíaca, estando o participante de pé com os braços ao longo do corpo (American College of Sports Medicine, 2014). O perímetro de anca (em centímetros) foi medido na região pélvica no ponto mais volumoso (American College of Sports Medicine, 2014). A razão entre perímetro de cintura e o perímetro de anca foi posteriormente calculado e classificado de acordo com o ACSM (American College of Sports Medicine, 2014). Assim, para o sexo feminino, o valor de referência considerado foi de 0.90 e para o sexo masculino foi de 1.03.

#### *Avaliação da aptidão funcional*

A avaliação da aptidão funcional foi realizada através do protocolo Senior Fitness Test (Rikli & Jones, 2013). Esta bateria de testes é constituída por seis

itens: *chair stand test* (para avaliação da força e resistência muscular dos membros inferiores); *arm curl* (para avaliação da força e resistência muscular dos membros superiores); *6 minute walk* (para avaliação da resistência aeróbia); *chair-sit-and-reach* (para avaliação da flexibilidade da região posterior do tronco e dos membros inferiores); *back scratch* (para avaliação da flexibilidade da articulação do ombro); e *8-foot up and go* (para avaliação da agilidade e do equilíbrio dinâmico).

Os testes foram realizados no período da manhã sob forma de circuito para minimizar os efeitos da fadiga localizada (Rikli & Jones, 2001). Antes do início dos testes os participantes realizaram exercícios de aquecimento durante 10 minutos. Os participantes receberam instruções e demonstração de cada item.

O protocolo de avaliação foi realizado sempre pela mesma pesquisadora e o desempenho dos idosos, em cada um dos itens, foi registado em fichas individuais.

#### *Avaliação da atividade física diária e tempo sedentário*

A AF diária e o TS foram medidos de forma objetiva com recurso a acelerometria (GTM1, Actigraph, Pensacola, Flórida, USA). O acelerómetro foi utilizado durante sete dias consecutivos através de um cinto ajustado à cintura, posicionado sobre a anca direita. As contagens de acelerações foram registadas em intervalos de 60 segundos (counts/minuto). Os participantes foram instruídos a utilizar o equipamento durante o período em que estivessem acordados, retirando o mesmo apenas durante a realização de atividades aquáticas, incluindo o banho.

Foram considerados válidos, todos os dados de acelerometria de pelo menos 3 dias de avaliação (dois dias de semana e um dia de fim de semana) com no mínimo 10 horas diárias de registo. O tempo de uso foi calculado através de 24 horas (que constituem um dia) menos o tempo de não uso do equipamento. O tempo de não uso foi definido como o intervalo de, pelo menos, 60 minutos consecutivos com registos nulos de atividade (0 counts/ min).

Para a análise e seleção dos dados foi utilizado o *software* da ActiLife, versão 6.11.4 (Actigraph, Pensacola, Flórida, USA).

A média de minutos/dia gastos em diferentes categorias de intensidade de

AF foi determinado de acordo com os seguintes pontos de corte: TS (0-99 counts/min), atividade física ligeira (AFL) (100 – 2019 counts/min), atividade física moderada a vigorosa (AFMV) ( $\geq 2020$  counts/min) (Troiano et al., 2008).

O tempo relativo (%) gasto em AFL, AFM e TS foi calculado de acordo com o tempo total registrado pelo acelerómetro em minutos.

#### *Avaliação da tensão arterial e rigidez arterial*

Foram aferidas três medidas de tensão arterial com intervalo de 1 minuto no braço esquerdo dos participantes, após período de 20 minutos de repouso em decúbito dorsal. Utilizou-se o monitor Colin modelo BP 8800 (Critikron, Inc., Tampa, USA). Medições adicionais de tensão arterial foram realizadas quando as diferenças entre medidas excederam os 5 mmHg. A tensão arterial sistólica e a tensão arterial diastólica foram computadas como a média das 3 medições.

A RA foi medida através do método de tonometria de aplanção (Shygmocor, AtCor Medical; Sidney, Austrália), com o sujeito deitado em decúbito dorsal, em repouso durante 10 minutos, numa sala em silêncio com a temperatura ambiente mantida por volta dos 21°C. Foram registadas 10 ondas de pressão sobre a artéria carótida e femoral. Os registos foram obtidos de forma subsequente pela tonometria de aplanção. Simultaneamente ao registo das ondas de pressão foi realizado o registo electrocardiográfico (Boutouyrie & Vermeersch, 2010). O algoritmo intersecção tangente (*“intersecting-tangent”*) identificou o pé da onda de pressão carótida e femoral, que representa o ponto preciso entre a linha tangente ao início da subida sistólica da onda e a linha horizontal do ponto mínimo da onda (SphygmoCor, 2008). O tempo de trânsito foi então obtido como sendo o tempo de atraso entre a onda R do registo eletrocardiográfico e o pé da onda femoral, subtraído pelo tempo de atraso entre a onda R do registo eletrocardiográfico e o pé da onda do pulso carotídeo (Salvi et al., 2008). Para cálculo da VOPcf, mensurou-se a distância direta entre a região da artéria carótida comum direita e da artéria femoral comum (Xdireta, em metros) pelo tempo de trânsito ( $\Delta t$ , em segundo) e ajustou-se, finalmente, pelo fator 0.8 [ $PWV = 0.8 * (Xdireta/\Delta t)$  metros por segundo] (Boutouyrie & Vermeersch, 2010).

O mesmo avaliador experiente realizou duas medições de VOPcf, tendo

sido calculada a média entre as duas medições, ou a mediana de três medições no caso de uma diferença superior a 0.5m/s no valor de VOPcf ter sido registada nas primeiras duas medições (Van Bortel et al., 2012).

A análise da onda de pulso foi avaliada através do registo de 10 ondas sequenciais periféricas obtidas na artéria radial do braço direito através de um tonómetro de alta precisão (Millar Instruments, Houston, TX, USA) e uma onda de pressão central (aórtica) foi gerada através de um algoritmo previamente validado (SphygmoCor, 2008). Esta análise permite a avaliação das pressões arteriais centrais e de parâmetros da onda central (PA, Alx e Alx@75%) (Stoner et al., 2012). A PA foi calculada como sendo a diferença entre o segundo e o primeiro picos sistólicos. O Alx foi calculado como sendo a percentagem da PA em relação a pressão de pulso (pressão arterial sistólica menos pressão arterial diastólica). Por fim, o Alx corrigido pela frequência cardíaca de 75 batimentos por minuto foi calculado pelo software do equipamento (SphygmoCor, 2008).

### *Procedimentos Estatísticos*

A normalidade dos dados foi verificada pelo teste Kolmogorov-Smirnov. Variáveis com distribuição não-normal foram transformadas em logaritmo natural (VOPcf) ou ranqueadas (AFMV) e transformadas de volta às unidades originais para clarificação dos resultados.

Utilizou-se a estatística descritiva para caracterização da amostra (valores de média, desvio padrão e percentagem). Para comparação entre grupos, utilizou-se testes paramétricos (teste t de *Student* para variáveis contínuas e *chi-quadrado* para variáveis categóricas) e testes não paramétricos (teste de Mann-Whitney). A correlação bivariada foi utilizada para verificar a relação entre indicadores de RA (PA, Alx e Alx@75%) com a AF diária absoluta (valores médios) e relativa (em percentagens) e com a aptidão funcional.

Para a avaliação da associação entre indicadores de RA e AF (AF leve, AFMV), TS e aptidão funcional utilizou-se a regressão linear múltipla com método “enter” de introdução de variáveis.

O cálculo do poder da amostra foi feito *à posteriori* tendo sido superior a 0,8. Foi utilizado o programa *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS, Chicago, Illinois, USA), versão 24.0, e o nível de significância foi de  $p < 0,05$ .

## Resultados

A amostra foi constituída por 170 idosos, sendo 72,9% do sexo feminino. A média de idade foi de  $72,3 \pm 6,6$  anos. Na Tabela 1 encontram-se os resultados da estatística descritiva e a comparação entre sexos.

Tabela 1. Caracterização geral da amostra e comparação entre sexos

Variáveis	Total N=170	Mulheres N=124	Homens N=46	P
<b>Sociodemográficas</b>				
Idade (anos)	72,3 (6,7)	71,9 (6,6)	73,3 (7,0)	0,290 <sup>b</sup>
Nível educacional, n(%)				
Sem instrução	7 (4,1)	6 (4,8)	1 (2,2)	0,083 <sup>c</sup>
Ensino primário	89 (52,4)	68 (54,8)	21 (45,7)	0,083 <sup>c</sup>
Ensino secundário	40 (23,5)	23 (18,5)	17 (37,0)	0,083 <sup>c</sup>
Ensino superior	34 (20,0)	27 (21,8)	7 (15,2)	0,083 <sup>c</sup>
<b>Fatores de risco, n (%)</b>				
Hipercolesterolemia	49 (28,8)	35 (28,2)	14 (30,4)	0,778 <sup>c</sup>
Hipertensão	87 (49,4)	61 (49,2)	23 (50,0)	0,926 <sup>c</sup>
Diabetes tipo II	36 (21,2)	28 (22,6)	8 (17,4)	0,462 <sup>c</sup>
Obesidade	52 (30,6)	34 (27,4)	18 (39,1)	0,100 <sup>c</sup>
Tabagismo	6 (3,5)	3 (2,4)	3 (6,5)	0,980 <sup>c</sup>
<b>Medicação, n (%)</b>				
Anti-hipertensores	62 (36,5)	41 (33,1)	21 (45,7)	0,130 <sup>c</sup>
Dislipidêmicos	49 (28,8)	35 (28,2)	14 (30,4)	0,778 <sup>c</sup>
<b>Antropométricas</b>				
Peso corporal, kg (dp)	71,4(12,5)	68,4 (10,7)	79,7 (13,3)	<0,001 <sup>a</sup>
Estatura, cm (dp)	155,9 (8,5)	152,6 (6,4)	164,9 (6,8)	<0,001 <sup>b</sup>
IMC, kg/m <sup>2</sup> (dp)	29,4 (4,5)	29,4 (4,4)	29,3 (4,8)	0,938 <sup>a</sup>
Perímetro de cintura, cm(dp)	92,8 (10,9)	90,9 (10,8)	97,8 (9,9)	<0,001 <sup>a</sup>



Perímetro de anca, cm(dp)	101,9 (8,6)	102,4 (8,9)	100,6 (7,6)	0,294 <sup>b</sup>
Razão cintura-anca, valor(dp)	0,9 (0,07)	0,9 (0,07)	1,0 (0,05)	<0,001 <sup>a</sup>

### Hemodinâmicas

FC repouso, bpm (dp)	68,5 (11,3)	69,9 (11,1)	64,9 (10,1)	0,011 <sup>a</sup>
PAS braquial, mm Hg(dp)	132,3(17,5)	132,6(18,4)	131,6(15,0)	0,740 <sup>a</sup>
PAD braquial, mm Hg(dp)	70,6 (9,1)	70,2 (9,0)	71,8 (9,4)	0,334 <sup>a</sup>
PP braquial, mm Hg (dp)	61,7 (13,4)	62,4 (13,8)	59,8 (12,2)	0,277 <sup>a</sup>
PAS aórtica, mm Hg (dp)	124,8 (17,5)	124,5 (17,1)	125,5 (16,3)	0,767 <sup>a</sup>
PAD aórtica, mm Hg (dp)	71,8 (9,0)	71,3 (8,5)	73,1 (10,2)	0,268 <sup>a</sup>
PP aórtica, mm Hg (dp)	53,1 (12,9)	53,3 (13,6)	52,8 (11,0)	0,834 <sup>a</sup>
PAM, mm Hg (dp)	93,6 (11,4)	93,4 (11,4)	94,2 (11,7)	0,702 <sup>a</sup>

### Rigidez Arterial

Pressão de aumento, mm Hg (dp)	20,0 (7,3)	20,6 (7,5)	18,6 (6,7)	0,126 <sup>a</sup>
Índice de aumento, %(dp)	36,7 (7,8)	37,9 (7,3)	33,7 (8,4)	0,003 <sup>a</sup>
Índice de aumento @ 75bpm, %	30,6 (6,4)	32,1 (5,6)	26,4 (6,6)	<0,001 <sup>a</sup>
VOPcf, m/s	11,2 (2,7)	10,9 (2,6)	12,1 (2,9)	0,010 <sup>a</sup>

### Aptidão funcional

<i>Chair stand test</i> (repetição)	17 (5)	16 (5)	18 (7)	0,039 <sup>b</sup>
<i>Arm curl</i> (repetição)	18 (7)	18 (5)	19 (9)	0,889 <sup>a</sup>
<i>Chair-sit-and-reach</i> (cm)	-8,7 (13,7)	-8,6 (12,8)	-8,9 (16,0)	0,722 <sup>b</sup>
<i>Back scratch</i> (cm)	-16,2 (14,2)	-15,5 (13,7)	-17,9 (15,6)	0,322 <sup>a</sup>
<i>8-foot up and go</i> (segundos)	6,3 (3,4)	6,6 (3,6)	5,6 (2,8)	0,790 <sup>b</sup>
<i>6 minute walk</i> (metros)	516,8(137,2)	497,5(139,3)	556,1(125,7)	0,035 <sup>a</sup>

### Atividade Física e Tempo sedentário, min/dia (dp)

AFL	274 (89)	285 (93)	242 (66)	0,012 <sup>a</sup>
AFMV	20 (19)	19 (19)	24 (20)	0,251 <sup>a</sup>
TS	450 (84)	441 (87)	477 (69)	0,027 <sup>a</sup>
<b>Atividade física e Tempo sedentário, % (dp)</b>				
%AFL	36 (10)	38 (11)	32 (7)	<0,001 <sup>a</sup>
%AFMV	3 (2)	3 (2)	3 (3)	0,166 <sup>a</sup>
%TS	61 (11)	60 (12)	64 (8)	<0,01 <sup>a</sup>

*Nota.* <sup>a</sup>Teste t de Student. <sup>b</sup>Teste U de Mann-Whitney. <sup>c</sup>Qui-quadrado. dp: desvio-padrão; VOPcf: velocidade da onda de pulso carótida-femoral; IMC: índice de massa corporal, FC: frequência cardíaca; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; PP: pressão de pulso; PAM: pressão arterial média; Hipertensão arterial: pressão arterial sistólica maior ou igual a 139 mm Hg e pressão arterial diastólica maior ou igual a 90 mm Hg, ou presença de medicação anti-hipertensora; Obesidade: IMC maior do que 27 Kg/m<sup>2</sup> para homens e para mulheres; Hipercolesterolemia: presença de medicação dislipidêmica, Diabetes tipo II: presença de medicação hipoglicemiante; AFL: atividade física ligeira, AFMV: atividade física moderada e vigorosa e TS: tempo sedentário.

Para as variáveis sociodemográficas (idade e nível educacional), a prevalência de fatores de risco cardiovascular e a prevalência de medicação, não foram encontradas diferenças significativas entre homens e mulheres (Tabela 1). Podemos ainda verificar na mesma tabela que apesar dos homens e mulheres apresentaram diferenças significativas para o peso e estatura, o índice de massa corporal não foi estatisticamente diferente entre os sexos. Ainda em relação às variáveis antropométricas, foram encontradas diferenças significativas entre os sexos no perímetro de cintura e na razão do perímetro de cintura e perímetro de anca, com valores mais elevados para o sexo masculino. Foram ainda encontradas diferenças significativas entre os sexos na frequência cardíaca de repouso, com valores mais elevados para as mulheres. Em relação aos indicadores de RA, 62,3% da amostra apresentou valores de VOPcf acima do ponto de corte de 10 m/s, sendo a prevalência inferior nas mulheres relativamente aos homens, (57.1% vs. 76,2%,  $p < 0.05$ ). Os valores de VOPcf

foram igualmente significativamente superiores nos homens do que nas mulheres. Por outro lado, as mulheres apresentaram valores de  $Alx$  e de  $Alx@75$  bpm significativamente superiores comparativamente aos homens.

A comparação entre sexos, relativamente às variáveis da aptidão funcional, mostram que os homens apresentarem valores superiores nos testes *chair stand test* e no *6 minute walk* comparativamente às mulheres (Tabela 1).

Em relação às variáveis de atividade física, as mulheres apresentam níveis superiores de AF ligeira e valores inferiores de tempo sedentário comparativamente aos homens (Tabela 1).

As correlações bivariadas da RA com os indicadores de aptidão funcional, AF diária e TS estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2. Correlações bivariadas entre indicadores de rigidez arterial, aptidão funcional e atividade física habitual. Valores representam r.

	VOPcf	AP	AIX	AIX@75%
<b>Aptidão Funcional</b>				
<i>Chair stand test</i> (repetição)	-0,350**	-0,040	0,052	0,019
<i>Arm curl</i> (repetição)	-0,377**	-0,068	-0,011	-0,021
<i>Chair-sit-and-reach</i> (cm)	-0,203*	-0,097	-0,001	-0,006
<i>Back scratch</i> (cm)	-0,245**	0,014	0,139	0,118
<i>8-foot up and go</i> (segundos)	0,353**	0,057	-0,058	0,014
6 minute walk (metros)	-0,452**	-0,069	0,062	-0,031
<b>Atividade Física Diária</b>				
<b>min/dia</b>				
TS	0,182*	-0,009	-0,064	-0,108
AFL	-0,253**	0,146	0,158	0,161
AFMV	-0,327*	-0,058	0,030	0,020
<b>Atividade Física Diária Relativa , %</b>				
%TS	0,267**	-0,104	-0,149	-0,159
%AFL	-0,234**	0,127	0,168	-0,180
%AFMV	-0,204*	-0,073	-0,050	-0,058*

Nota. VOPcf: velocidade da onda de pulso carótida-femoral; AP: pressão de aumento; AIX: índice de aumento aórtico; AIX@75%: índice de aumento aórtico corrigido pela frequência cardíaca de 75 bpm; TS: tempo sedentário, AFL: atividade física ligeira AFMV: atividade física moderada e vigorosa. \*p < 0,05, \*\*p < 0,01.

Em relação às variáveis da aptidão funcional, a VOPcf teve correlações significativas inversas com o teste de *chair stand test*, *arm curl*, *chair-sit-and-reach*, *back scratch*, *6 minute walk* e positiva com *8-foot up and go*. Não foram encontradas correlações significativas entre aptidão funcional e os demais indicadores da RA (Tabela 2).

A Tabela 2 mostra também as correlações entre as variáveis de AF diária e os indicadores da RA. Foram encontradas correlações significativas inversas entre a VOPcf e a AF ligeira e AFMV. O TS apresentou uma correlação positiva com a VOPcf, mas não com os restantes indicadores de RA. Além disso, foi encontrada uma correlação inversa significativa entre tempo relativo gasto em AF ligeira e o Alx@75%.

A Tabela 3 mostra os resultados para os modelos de regressão múltipla para a VOPcf.

Tabela 3. Associação entre velocidade de onda de pulso carótida femoral e aptidão funcional, atividade física diária e atividade física relativa.

	VOPcf		
	Beta (IC 95%)	<i>p</i>	<i>R</i> <sup>2</sup>
<b>Aptidão funcional</b>			
<i>Chair stand test</i>	-0,152 (-0,013; 0,000)	0,043	0,408
<i>Arm curl</i>	-0,126 (-0,010; 0,001)	0,112	0,407
<i>Seat and reach</i>	0,012 (-0,002; 0,003)	0,866	0,390
<i>Back scratch</i>	0,036 (-0,002; 0,003)	0,644	0,391
<i>Foot up and go</i>	0,051 (-0,008; 0,015)	0,572	0,399
<i>Six minute walk</i>	-0,180 (-0,001; 0,000)	0,133	0,450
<b>Atividade física diária</b>			
<b>min/dia</b>			
TS	-0.038 (-0,001; 0,000)	0,617	0,406
AFL	0,036 (0,000; 0,001)	0,661	0,406
AFMV	-0,044 (-0,001; 0,001)	0,604	0,406
<b>Atividade física diária relativa em %</b>			
% TS	-0.058 (-0,005; 0,002)	0,487	0,407
%AFL	0,062 (-0,002; 0,005)	0,450	0,408
% AFMV	-0,011 (-0,016; 0,014)	0,891	0,405

*Nota.* Modelos ajustados por idade, sexo, tensão arterial sistólica braquial, hipertensão arterial, diabetes tipo II e tabagismo. TS: tempo sedentário, AFL: atividade física ligeira AFMV: atividade física moderada e vigorosa

Das variáveis da aptidão funcional, o teste *Chair stand test* revelou ser um preditor independente da VOPcf. Por cada aumento de uma repetição no *chair stand test*, a VOPcf diminui 0,152 m/s. Das restantes variáveis da aptidão funcional, nenhuma foi preditora independente da VOPcf. Nenhuma variável da atividade física, quer em valores brutos, quer em valores relativos, mostrou ser preditora independente da VOPcf.

A Tabela 4 mostra os resultados para os modelos de regressão múltipla para o Alx.

Tabela 4. Associação entre o índice de aumento aórtico e aptidão funcional, atividade física diária e atividade física relativa.

<b>Aix</b>			
	Beta (IC 95%)	<i>p</i>	<i>R</i> <sup>2</sup>
<b>Aptidão funcional</b>			
<i>Chair stand test</i>			0,085
<i>repetição</i>	0,037 (-0,208; 0,312)	0,691	
Arm curl (repetição)	-0,123 (-0,386; 0,087)	0,214	0,087
Seat and reach (cm).	-0,042 (-0,126; 0,077)	0,636	0,085
Back scratch (cm).	0,071 (-0,067; 0,148)	0,460	0,087
Foot up and go			0,084
(segundos)	-0,049 (-0,698; 0,436)	0,648	
Six min walk test			0,022
(metros)	-0,107 (-0,012; 0,025)	0,502	
<b>Atividade física diária</b>			
<b>min/dia</b>			
TS	-0.013 (-0,019; 0,017)	0,896	0,016
AFL	0,083 (-0,011; 0,026)	0,426	0,022
AFMV	-0,020 (-0,048; 0,039)	0,851	0,016
<b>Atividade física diária</b>			
<b>relativa %</b>			
% TS	-0,086 (-0,215; 0,088)	0,410	0,022
%AFL	0,108 (-0,074; 0,241)	0,295	0,026
%AFMV	-0,077(-0,890; 0,388)	0,439	0,021

Nota. Modelos ajustados por idade, sexo, tensão arterial sistólica braquial, hipertensão arterial, diabetes tipo II e tabagismo. TS: tempo sedentário, AFL: atividade física ligeira AFMV: atividade física moderada e vigorosa

Da observação da referida tabela podemos verificar que nenhuma das variáveis da aptidão funcional e da AF diária mostrou ser preditora independente do Alx.

A Tabela 5 mostra os resultados para os modelos de regressão múltipla para o Alx@75%.

Tabela 5. Associação entre o índice de aumentação aórtico corrigido a 75% da frequência cardíaca e aptidão funcional, atividade física diária e atividade física relativa.

	<b>Alx@75%</b>		
	Beta (IC 95%)	<i>p</i>	<i>R</i> <sup>2</sup>
<b>Aptidão funcional</b>			
Chair stand test repetição	0,069 (-0,118; 0,278)	0,425	0,223
Arm curl repetição	-0,086 (-0,267; 0,095)	0,348	0,211
Seat and reach cm.	-0,005 (-0,075; 0,080)	0,955	0,219
Back scratch cm.	0,102 (-0,034; 0,130)	0,251	0,227
Foot up and go segundos	-0,045 (-0,528; 0,334)	0,657	0,215
Six min walk test metros	0,174 (-0,006; 0,023)	0,240	0,162
<b>Atividade física diária min/dia</b>			
TS	-0,055 (-0,118; 0,010)	0,552	0,153
AFL	0,065 (-0,010; 0,019)	0,503	0,154
AFMV	0,011 (-0,032; 0,036)	0,909	0,150
<b>Atividade física diária relativa %</b>			
% TS	-0,084 (-0,171; 0,067)	0,387	0,156
% AFL	0,101 (-0,057; 0,189)	0,290	0,159
% AFMV	-0,059 (-0,662; 0,339)	0,524	0,153

Note. Modelos ajustados por idade, sexo, tensão arterial sistólica braquial, hipertensão arterial, diabetes tipo II e tabagismo. TS: tempo sedentário, AFL: atividade física ligeira AFMV: atividade física moderada e vigorosa

A análise da tabela 5 indica que nenhuma das variáveis da aptidão funcional e da AF diária mostrou ser preditora independente do Alx@75%.



## Discussão

O objetivo do presente estudo foi observar a associação entre a AF diária e a aptidão funcional com a RA em idosos. Os nossos resultados mostraram uma correlação inversa entre a VOPcf com o teste de *chair stand test*, *arm curl*, *chair-sit-and-reach*, *back scratch*, *6 minute walk* e positiva com *8-foot up and go*. Não foram encontradas correlações significativas entre aptidão funcional e os demais indicadores da RA. Além disso, a VOPcf apresentou uma correlação inversa com AF ligeira e AFMV e positiva com o TS. No entanto, entre as variáveis de aptidão funcional e AF, apenas os valores obtidos no *chair stand test* foram preditores dos valores da VOPcf em idosos, não tendo sido demonstrada qualquer associação para a AP, o Alx e o Alx@75%.

Assim, de acordo com os nossos resultados, a aptidão física, nomeadamente a resistência e a força muscular dos membros inferiores parece estar associada com a RA, quando considerada a VOP-cf como indicador. Fahs e colaboradores (2010b) verificaram igualmente uma correlação inversa entre VOP e força muscular dos membros superiores em jovens, mesmo quando ajustado pela aptidão aeróbia. Ainda no mesmo sentido dos nossos resultados Jae e colaboradores (2010) encontraram uma correlação inversa entre a aptidão cardiorrespiratória e RA (VOP braquial-tornozelo) em 1035 homens ( $\pm 52$  anos). Níveis mais elevados de aptidão física diminuem alguns fatores de risco e contribui para manter o idoso saudável e funcional por mais tempo (Hellsten & Nyberg, 2015; Holland et al., 2016; Vigorito & Giallauria, 2014). A relação inversa entre a VOPcf e o Chair sit and reach parece também sugerir que a flexibilidade pode estar associada com a RA. Em acordo com os nossos resultados, diferentes autores têm demonstrado uma relação inversa entre flexibilidade e RA em adultos e idosos com idade entre os 18 e os 89 anos (Douris et al., 2013; Nishiwaki et al., 2014a; Yamamoto et al., 2009), evidenciando, desta forma, a importância da componente da flexibilidade para obter benefícios na RA, para além dos descritos benefícios na realização de tarefas do quotidiano do idoso (Nishiwaki et al., 2014b; Yamamoto, 2017)

Quando considerada a prática de AF, nomeadamente a AF ligeira e a AF moderada a vigorosa, foram encontradas relações inversas com a RA. Diferentes estudos têm encontrado correlações nesse mesmo sentido e em

diferentes faixas etárias, desde indivíduos de ambos os sexos a partir dos 40 anos de idade (Gando et al., 2010), homens de meia-idade ( $\pm$  51 anos) (O'Donovan et al., 2014) e em idosos entre os 60 e os 65 anos (Endes et al., 2016). Ainda reforçando o benefício da prática de AF na RA, Holland e colaboradores (2016) observaram que a realização de AF vigorosa foi associada a benefícios na complacência das pequenas e grandes artérias em homens e mulheres com idades entre os 18 e os 78 anos.

Adicionado a isto, a AFMV parece contribuir para amenizar a associação entre TS e RA, nomeadamente a pressão de pulso central e periférica em participantes entre os 45 e os 65 anos de idade (Garcia-Hermoso et al., 2015). No presente estudo foi encontrada uma relação direta entre TS e RA. O estilo de vida sedentário é um fator de risco para o comprometimento da função vascular, acelerando o processo degenerativo e desenvolvimento de doenças cardiovasculares (Lessiani et al., 2016). Assim, o nosso estudo reforça a ideia da importancia do TS como um dos principais fatores de risco para saúde cardiovascular do idoso, nomeadamente no que se refere à RA, sendo uma influência determinante em diferentes causas de mortalidade (Garcia-Hermoso et al., 2015; Young et al., 2016). Deste modo, a prática de AF deve ser recomendada e o TS desencorajado entre idosos.

Além disso, foi observado no nosso estudo uma associação negativa entre a resistência e força dos membros inferiores com a VOPcf, ajustado para a idade, sexo, tensão arterial sistólica braquial, hipertensão arterial, diabetes tipo II e tabagismo. O mesmo foi observado por Ochi e colaboradores (2010) em 496 homens de meia-idade e idosos e por Fahs e colaboradores. (2010) em homens jovens. Alguns fatores podem justificar essa relação entre RA e a perda da massa muscular, uma dela é o processo inflamatório decorrente do envelhecimento que afetar negativamente a saúde muscular e vascular (Sanada et al., 2010), além disso a perda da massa muscular diminui a vascularização periférica reduzindo o fluxo sanguíneo para os músculos esqueléticos, colaborando para o aumento da RA (Fahs et al., 2017). Além do mais, a perda da massa muscular frequente com o envelhecimento parece ser mais acentuada nos membros inferiores do que nos membros superiores (Goodpaster et al., 2006) e poderá levar a disfunção física, fragilidade e dependência.(Fahs et al., 2017).

Por outro lado, Dijk e colaboradores (2014) não encontraram uma associação entre a força isométrica máxima de preensão manual com a RA em 497 idosos com idade média de 72,1 anos) após dois anos *follow up*. Desta forma, parece-nos pertinente mais investigações neste âmbito, aumentando o tempo de follow-up, bem como estudos experimentais e de intervenção para que possamos melhor esclarecer esta temática.

O nosso estudo tem algumas limitações que devem ser reconhecidas. O desenho transversal não permite a determinação da causalidade. A generalização e extrapolação para amostras não-portuguesas dos resultados nessa presente amostra portuguesa deve ser feita com cautela. Poucos estudos realizados com grupos de idosos usando as mesmas variáveis e instrumentos de medida dificultou a comparação aprofundada dos resultados. O pequeno tamanho da amostra, o tempo dedicado para recolha de dados e a sazonalidade podem ter influenciado a adesão dos idosos ao estudo.

Todavia, este estudo tem como mais-valia a avaliação objetiva da AF que pode ajudar na compreensão da importância desta variável na RA e na saúde cardiovascular em geral.

## **Conclusão**

Os resultados do estudo revelam que existe uma relação positiva da AF sobre a VOPcf e negativa com o tempo sedentário, reforçando a importância de manter, mesmo em idades tardias, um estilo de vida ativo, reduzindo ao máximo o TS e aumentando o tempo de AF. De igual modo, foi encontrada uma correlação significativa moderada entre a aptidão funcional e a VOPcf; todavia, com excepção da força/resistência dos membros inferiores, nenhuma outra variável da aptidão física apresentou uma associação com a RA. Mais estudos são necessários para comprovar a relação entre indicadores da RA, AF e aptidão funcional, dado que são escassos os estudos que tenham investigado estas relações com grupos de idosos.

## Referências

- American College of Sports Medicine. (2014). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (9ª edição ed.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Anderson, T. J. (2006). Arterial stiffness or endothelial dysfunction as a surrogate marker of vascular risk. *The Canadian Journal of Cardiology*, 22(Suppl B), 72B-80B.
- Ashor, A. W., Lara, J., Siervo, M., Celis-Morales, C., & Mathers, J. C. (2014). Effects of exercise modalities on arterial stiffness and wave reflection: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *PLoS One*, 9, e110034.
- Boutouyrie, P., & Vermeersch, S. J. (2010). Determinants of pulse wave velocity in healthy people and in the presence of cardiovascular risk factors: 'establishing normal and reference values. The reference value for arterial stiffness collaboration. *European Heart Journal*, 31(19), 2338-2350.
- Bullo, V., Bergamin, M., Gobbo, S., Sieverdes, J. C., Zaccaria, M., Neunhaeuserer, D., & Ermolao, A. (2015). The effects of Pilates exercise training on physical fitness and wellbeing in the elderly: A systematic review for future exercise prescription. *Preventive Medicine*, 75, 1-11.
- Ciolac, E. G. (2013). Exercise training as a preventive tool for age-related disorders: a brief review. *Clinics*, 68(5), 710-717.
- Dias, G. N. F., Couceiro, M. S., Mendes, P., & Almeida, M. d. L. (2017). Physical activity benefits in active ageing. In *Physical activity benefits in active ageing: Guidelines functional exercises and recommendation* (pp. 21-34): Springer International Publishing.
- Dijk, S. C. V., Swart, K. M. A., Ham, A. C., Enneman, A. W., Wijngaarden, J. P. V., Feskens, E. J., Geleijnse, J. M., Jongh, R. T. d., Blom, H. j., Rutten, R. A. M. D.-., Groot, L. C. P. G. M. d., Schoor, N. M. V., Lips, P., Uitterlinden, A. G., raso, F. U. S. M., Smulders, Y. M., Meiracker, A. H. V. D., & Velde, N. V. D. (2014). Physical fitness, activity and hand-grip strength are not associated with arterial stiffness in older individuals.
- Direção Geral da Saúde. (2014). Portugal Doenças Cérebro-Cardiovasculares em número - 2014.

- Douris, P. C., Ingenito, T., Piccirillo, B., Herbst, M., Petrizzo, J., Cherian, V., McCutchan, C., Burke, C., Stamatinos, G., & Jung, M.-K. (2013). Martial Arts Training Attenuates Arterial Stiffness in Middle Aged Adults.
- Endes, S., Schaffner, E., Caviezel, S., Dratva, J., Autenrieth, C. S., Wanner, M., Martin, B., Stolz, D., Pons, M., Turk, A., Bettschart, R., Schindler, C., Kunzili, N., Prbst-Hensch, N., & Schmidt-Trucksass, A. (2016). Physical activity is associated with lower arterial stiffness in older adults: results of the SAPALDIA 3 Cohort Study. *European Journal of Epidemiology*, *31*, 275-285.
- Fahs, C. A., Heffernan, K. S., Ranadive, S., Jae, S. Y., & Fernhall, B. (2010). Muscular strength is inversely associated with aortic stiffness in young men. *Medicine and science in sports and exercise*, *42*(9), 1619-1624.
- Fahs, C. A., Thiebaud, R. S., Rossow, L. M., Loenneke, J. P., Bemben, D. A., & Bemben, M. G. (2017). Relationships between central arterial stiffness, lean body mass, and absolute and relative strength in young and older men and women. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 1-5.
- Gando, Y., Yamamoto, K., Murakami, H., Ohmori, Y., Kawakami, R., Sanada, K., Higuchi, M., Tabata, I., & Miyachi, M. (2010). Longer time spent in light physical activity is associated with reduced arterial stiffness in older adults. *Hypertension*, *56*(3), 540-546.
- Garcia-Hermoso, A., Notario-Pacheco, B., Recio-Rodriguez, J. I., Martinez-Vizcaino, V., Rodrigo de Pablo, E., Magdalena Belio, J. F., Gomez-Marcos, M. A., Garcia-Ortiz, L., & Group, E. (2015). Sedentary behaviour patterns and arterial stiffness in a Spanish adult population - The EVIDENT trial. *Atherosclerosis*, *243*(2), 516-522.
- Goodpaster, B. H., Park, S. W., Harris, T. B., Kritchevsky, S. B., Nevitt, M., Schwartz, A. V., Simonsick, E. M., Tylavsky, F. A., Visser, M., Newman, A. B., & Study, H. A. (2006). The Loss of Skeletal Muscle Strength, Mass, and Quality in Older Adults: The Health, Aging and Body Composition Study. *Journal of Gerontology*, *61*(10), 1059-1064.
- Hellsten, Y., & Nyberg, M. (2015). Cardiovascular Adaptations to Exercise Training. *Comprehensive Physiology*, *6*(1), 1-32.
- Holland, A. M., Martin, J. S., Mattson, C. D., Lohse, K. R., Finn, P. R., & Stager, J. M. (2016). A cross-sectional study of physical activity and arterial

- compliance: the effects of age and artery size. *Journal of the American Society of Hypertension*, 11(2), 1-9.
- Huybrechts, S. A., Devos, D. G., Vermeersch, S. J., Mahieu, D., Achten, E., de Backer, T. L., Segers, P., & van Bortel, L. M. (2011). Carotid to femoral pulse wave velocity: a comparison of real travelled aortic path lengths determined by MRI and superficial measurements. *Journal of Hypertension*, 29(8), 1577-1582.
- Jae, S. Y., Heffernan, K. S., Fernhall, B., Oh, Y. S., Park, W. H., Lee, M. K., & Choi, Y. H. (2010). Association between cardiorespiratory fitness and arterial stiffness in men with the metabolic syndrome. *Diabetes Res Clin Pract*, 90(3), 326-332.
- Jefferson, M. E., Nicklas, B. J., Chmelo, E. A., Crotts, C. I., Shaltout, H. A., Diz, D. I., Marsh, A. P., & Brinkley, T. E. (2016). Effects of Resistance Training With and Without Caloric Restriction on Arterial Stiffness in Overweight and Obese Older Adults. *American Journal of Hypertension*, 29(4), 494-500.
- Jeoung, B. J. (2015). Correlation between physical fitness and fall efficacy in elderly women in Korea. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 11(3), 151-154.
- Kim, T. N., Park, M. S., Kim, Y. J., Lee, E. J., Kim, M.-K., Kim, J. M., Ko, K. S., Rhee, B. D., & Won, J. C. (2014). Association of Low Muscle Mass and Combined Low Muscle Mass and Visceral Obesity with Low Cardiorespiratory Fitness. *Plos One*, 9(6), 1-7.
- Knight, J. A. (2012). Physical Inactivity: Associated Diseases and Disorders. *Annals of Clinical & Laboratory Science*, 42(3), 320-337.
- Laurent, S., & Boutouyrie, P. (2015). The structural factor of hypertension: large and small artery alterations. *Circulation Research*, 116(6), 1007-1021.
- Laurent, S., Cockcroft, J., Bortel, L. V., Boutouyrie, P., Giannattasio, C., Hayoz, D., Pannier, B., Vlachopoulos, C., Wilkinson, I., & Struijker-Boudier, H. (2006). Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications. *European Heart Journal*, 27(21), 2588-2605.
- Lee, H.-Y., & Oh, B.-H. (2010). Aging and arterial stiffness. *Circulation Journal*, 74(11), 2257-2262.

- Lessiani, G., Santilli, F., Boccatonda, A., Iodice, P., Liani, R., Tripaldi, R., Saggini, R., & Davì, G. (2016). Arterial stiffness and sedentary lifestyle: Role of oxidative stress. *Vascular Pharmacology*, 79, 1-5.
- Lipschitz, D. A. (1994). Screening for nutritional status in the elderly. *Prim Care*, 21(1), 55-67.
- Milanović, Z., Pantelić, S., Trajković, N., Sporiš, G., Kostić, R., & James, N. (2013a). Age-related decrease in physical activity and functional fitness among elderly men and women. *Clinical Interventions in Aging*, 8, 549-556.
- Milanović, Z., Pantelić, S., Trajković, N., Sporiš, G., Kostić, R., & James, N. (2013b). Age-related decrease in physical activity and functional fitness among elderly men and women. *Clin Interv Aging*, 8, 549-556.
- Mitchell, G. F. (2009). Arterial Stiffness and Wave Reflection: Biomarkers of Cardiovascular Risk. *Artery Research*, 3(2), 56-64.
- Mitchell, G. F., Parise, H., Benjamin, E. J., Larson, M. G., Keyes, M. J., Vita, J. A., Vasan, R. S., & Levy, D. (2004). Changes in arterial stiffness and wave reflection with advancing age in healthy men and women: the Framingham Heart Study. *Hypertension*, 43, 1239-1245.
- Nishiwaki, M., Kurobe, K., Kiuchi, A., Nakamura, T., & Matsumoto, N. (2014a). Sex Differences in Flexibility-Arterial Stiffness Relationship and Its Application for Diagnosis of Arterial Stiffening: A Cross-Sectional Observational Study. *PLOS ONE*, 9(11), e113646.
- Nishiwaki, M., Kurobe, K., Kiuchi, A., Nakamura, T., & Matsumoto, N. (2014b). Sex Differences in Flexibility-Arterial Stiffness Relationship and Its Application for Diagnosis of Arterial Stiffening: A Cross-Sectional Observational Study. *Plos One*, 9(11), 1-19.
- O'Donovan, C., Lithander, F. E., Raftery, T., Gormley, J., Mahmud, A., & Hussey, J. (2014). Inverse relationship between physical activity and arterial stiffness in adults with hypertension. In *J Phys Act Health* (Vol. 11, pp. 272-277). United States.
- Ochi, M., Kohara, K., Tabara, Y., Kido, T., Uetani, E., Ochi, N., Igase, M., & Miki, T. (2010). Arterial stiffness is associated with low thigh muscle mass in middle-aged to elderly men. *Atherosclerosis*, 212(1), 327-332.

- Oliveira, N. L., Ribeiro, F., Silva, G., Alves, A. J., Silva, N., Guimaraes, J. T., Teixeira, M., & Oliveira, J. (2015). Effect of exercise-based cardiac rehabilitation on arterial stiffness and inflammatory and endothelial dysfunction biomarkers: a randomized controlled trial of myocardial infarction patients. *Atherosclerosis*, 239(1), 150-157.
- Quinn, U., Tomlinson, L. A., & Cockcroft, J. R. (2012). Arterial stiffness. *JRSM Cardiovascular Disease*, 1(6), cvd.2012.012024.
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2013). Development and validation of criterion-referenced clinically relevant fitness standards for maintaining physical independence in later years. *Gerontologist*, 1-13.
- Salvi, P., Magnani, E., Valbusa, F., Agnoletti, D., Alecu, C., Joly, L., & Benetos, A. (2008). Comparative study of methodologies for pulse wave velocity estimation. *Journal of Human Hypertension*, 22, 669-677.
- Sanada, K., Miyachi, M., Tanimoto, M., Yamamoto, K., Murakami, H., Okumura, S., Gando, Y., Suzuki, K., Tabata, I., & Higuchi, M. (2010). A cross-sectional study of sarcopenia in Japanese men and women: reference values and association with cardiovascular risk factors. *European Journal of Applied Physiology* 110(1), 57-65.
- Sampaio, R. A., Sewo Sampaio, P. Y., Yamada, M., Yukutake, T., Uchida, M. C., Tsuboyama, T., & Arai, H. (2014). Arterial stiffness is associated with low skeletal muscle mass in Japanese community-dwelling older adults. *Geriatrics e Gerontology International*, 14(1), 109-114.
- Schiffrin, E. L. (2004). Vascular stiffening and arterial compliance: Implications for systolic blood pressure. *American Journal of Hypertension*, 17(12), 39-48.
- Seals, D. R. (2014). Edward F. Adolph Distinguished Lecture: The remarkable anti-aging effects of aerobic exercise on systemic arteries. *Journal of Applied Physiology*, 117(5), 425-439.
- Sehgel, N. L., Vatner, S. F., & Meininger, G. A. (2015). "Smooth Muscle Cell Stiffness Syndrome"-Revisiting the Structural Basis of Arterial Stiffness. *Frontiers in Physiology*, 18(6), 1-15.
- SphygmoCor. (2008). *Software Operator's Guide Pulse wave velocity assesment system*. Sydney, Australia: AtCor Medical.



- Stoner, L., Young, J. M., & Fryer, S. (2012). Assessments of arterial stiffness and endothelial function using pulse wave analysis. *International Journal of Vascular Medicine*, 25(2), 1-10.
- Strath, S. J., Kaminsky, L. A., Ainsworth, B. E., Ekelund, U., Freedson, P. S., Gary, R. A., Richardson, C. R., Smith, D. T., & Swartz, A. M. (2013). Guide to the assessment of physical activity: Clinical and research applications: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 128(20), 2259-2279.
- Tanaka, H., Dinunno, F. A., Monahan, K. D., Clevenger, C. M., DeSouza, C. A., & Seals, D. R. (2000). Aging, Habitual Exercise, and Dynamic Arterial Compliance. *Circulation*, 102(11), 1270-1275.
- Tanaka, H., & Safar, M. E. (2005). Influence of lifestyle modification on arterial stiffness and wave reflections. In *Am J Hypertens* (Vol. 18, pp. 137-144). United States.
- Thijssen, D. H. J., Maiorana, A. J., Cable, N. T., Hopman, M. T. E., O'Driscoll, G., & Green, D. J. (2010). Impact of inactivity and exercise on the vasculature in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 108(5), 845-875.
- Troiano, R. P., Berrigan, D., Dodd, K. W., Masse, L. C., Tilert, T., & McDowell, M. (2008). Physical activity in the United States measured by accelerometer. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 40(1), 181-188.
- Van Bortel, L. M., Laurent, S., Boutouyrie, P., Chowienczyk, P., Cruickshank, J. K., De Backer, T., Filipovsky, J., Huybrechts, S., Mattace-Raso, F. U., Protogerou, A. D., Schillaci, G., Segers, P., Vermeersch, S., Weber, T., Artery, S., European Society of Hypertension Working Group on Vascular, S., Function, & European Network for Noninvasive Investigation of Large, A. (2012). Expert consensus document on the measurement of aortic stiffness in daily practice using carotid-femoral pulse wave velocity. *Journal of Hypertension*, 30(3), 445-448.
- Vigorito, C., & Giallauria, F. (2014). Effects of exercise on cardiovascular performance in the elderly. *Frontiers in Physiology*, 5, 51.
- Vlachopoulos, C., Aznaouridis, K., & Stefanadis, C. (2010). Prediction of cardiovascular events and all-cause mortality with arterial stiffness: a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol*, 55(13), 1318-1327.

- Wagenseil, J. E., & Mecham, R. P. (2012). Elastin in large artery stiffness and hypertension. *Journal of Cardiovascular Translational Research*, 5(3), 264-273.
- Wilkins, E., Wilson, L., Wixkramasinghe, K., Bhatnagar, P., Rayner, M., & Townsend, N. (2017). *European cardiovascular disease statistics 2017*. Brussels: European Heart Network.
- World Health Organization. (2011). *Global Atlas on cardiovascular disease prevention and control*. Geneva: World Health Organization
- Yamamoto, K. (2017). Human flexibility and arterial stiffness. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 6(1), 1-5.
- Yamamoto, K., Kawano, H., Gando, Y., Iemitsu, M., Murakami, H., Sanada, K., Tanimoto, M., Ohmori, Y., Higuchi, M., Tabata, I., & Miyachi, M. (2009). Poor trunk flexibility is associated with arterial stiffening. *American Journal of Physiology. Heart and Circulatory Physiology* 297(4), 1314-1318.
- Young, D. R., Hivert, M.-F., Alhassan, S., Camhi, S. M., Ferguson, J. F., Katzmarzyk, P. T., Lewis, C. E., Owen, N., Perry, C. K., Siddique, J., & Yong, C. M. (2016). Sedentary Behavior and Cardiovascular Morbidity and Mortality: A Science Advisory From the American Heart Association. *Circulation*, 134, 1-19.

### CAPÍTULO III





## ESTUDO 2

Efeito do treino e do destreino após programa de exercício físico multicomponente em fatores de risco cardiovasculares em idosos residentes na comunidade

### Resumo

**Objetivo:** Analisar o efeito de um programa de exercício físico multicomponente com duração de 32 semanas e do destreino de 16 semanas na aptidão cardiorrespiratória, aptidão funcional, composição corporal, perfil lipídico, metabólico e imunológico e rigidez arterial (RA) em idosos residentes na comunidade. **Métodos:** Participaram do programa 53 idosos (64,2% do sexo feminino), sendo 33 no grupo intervenção (GI) e 20 no grupo controle (GC), com média de  $68,9 \pm 4,1$  anos. Procedeu-se avaliações de antropometria, aptidão funcional e cardiorrespiratória, tensão arterial e RA [velocidade da onda de pulso carótida femoral (VOPcf), pressão de augmentação, índice de augmentação aórtico (AIx) e índice de augmentação aórtico corrigido a frequência cardíaca de 75 batimentos por minuto (AIx@75%)], variáveis hemodinâmicas, AF e tempo sedentário (TS) e dieta. **Resultados:** Análise de covariância de medidas repetidas 4 (tempo) x 2 (grupo) revelou efeito de interação tempo\*grupo ( $p < 0,05$ ) para o perímetro da anca, níveis séricos de sódio e testes *chair sit and reach* e *8-foot up and go* (ajustadas por sexo e idade), *back scratch* e percentagem de gordura androide (ajustadas por sexo, idade e calorias ingeridas) e efeito do tempo para *six minute walk* e pressão de augmentação (AP). **Conclusão:** O programa de intervenção foi capaz de induzir alterações na aptidão funcional, especialmente na flexibilidade, equilíbrio dinâmico e agilidade e no % de gordura corporal androide entre os idosos, além do efeito do tempo no 6 minute walk e na pressão de augmentação. Em relação ao destreino, AP retornou aos valores basais e o teste 6-min walk permaneceu acima dos níveis basais, o que reforça necessidade da manutenção dos níveis diários de atividade física. Assim, o nosso estudo aponta para uma influência positiva deste tipo de programas em idosos, existindo, no entanto, necessidade de mais estudos com este tipo de intervenções visando melhor esclarecer o potencial efeito na melhoria dos fatores de risco cardiovascular em idosos.

**Palavras-chave:** Envelhecimento, Rigidez arterial, Exercício Físico, Aptidão funcional, Composição Corporal

## **Abstract**

**Aim:** to verify the effects of a 32-week multi-component exercise program and a 16-week detraining on cardiorespiratory fitness, functional fitness, body composition and arterial stiffness in elderly people. **Method:** Fifty-three elderly people (64.2% female) aged  $68.9 \pm 4.1$  years-old participated in the program, 33 in the intervention group (IG) and 20 in the control group (CG). Between october/2014 and october/2016, anthropometry, functional and cardiorespiratory fitness, blood pressure and arterial stiffness [pulse wave velocity, PWV; pulse wave analysis, PWA, pressure augmentation (AP); pulse wave analysis aortic augmentation index (Alx), aortic augmentation index corrected at 75 bpm,  $Alx@75\%$ ], and hemodynamics, diet, PA and sedentary time (ST) were evaluated. **Results:** Covariance analysis of repeated measures 4 (time) x 2 (group) revealed an interaction group\*time effect ( $p < 0.05$ ) for the perimeter of the hip, serum sodium levels and chair sit and reach tests and 8-foot up and go (adjusted by sex and age), back scratch and percentage of android fat (adjusted by sex, age and calories ingested) and time effect for six-minute walk and rising aummentation pressure (AP). **Conclusion:** The intervention program was able to induce improvements in functional fitness, especially in flexibility, dynamic balance and agility and in android body fat % among the elderly. In addition, it was possible to observe an effect of time in the 6-minute walk and AP. In relation to the detraining, the AP returned to the baseline values and the 6-min walk test remained above the basal levels, which reinforces the need to maintain the daily levels of physical activity. Thus, our study points to a positive influence of this type of programs in the elderly, however, there is a need for further studies with this type of interventions aiming to better clarify the potential effect on the cardiovascular risk factors in the older population.

**Keywords:** Aging, Arterial Stiffness, Physical Exercise, Functional Fitness, Body Composition

## Introdução

A população está a envelhecer, estimando-se que entre 1996 e 2050, a percentagem de idosos aumentará em grande proporção no mundo (Eurostat, 2016; National, 2015; Organização Mundial da Saúde, 2015; World Health Organization, 2014). Este aumento da esperança média de vida que se tem verificado nas últimas décadas está na origem de uma das grandes preocupações da sociedade atual que é a necessidade de garantir à população idosa a manutenção de uma boa saúde e qualidade de vida (Eurostat, 2016; World Health Organization, 2011b).

Em geral, o aumento do envelhecimento populacional significa um potencial aumento da incidência de doenças crónicas e incapacidades associadas, repercutindo-se não apenas ao nível individual, mas igualmente nos custos de saúde pública (World Health Organization, 2003). Estima-se que apenas 25% das pessoas idosas entre os 60 e os 70 anos e, somente 15% após os 75 anos, não apresentam doenças crónico-degenerativas (Bautmans et al., 2004).

Em todo o mundo, com exceção de alguns países da África, as doenças crónicas, nomeadamente as doenças cardiovasculares (DCVs), são as causas líderes de morte e morbilidade, particularmente na população idosa (Direção Geral de Saúde, 2016; Fleg & Strait, 2012; WHO, 2011a). Além disso, estudos prévios sugerem que as DCVs estão associadas a limitações funcionais e incapacidades em idosos (Almeida, 2010; Arboix, 2015). Portanto, a prevenção primária das DCVs nesta população mais velha é valiosa e de grande importância. Além disso, as DCVs são responsáveis por altos custos na saúde pública com medicamentos e hospitalizações prolongadas (Sentell et al., 2015).

Em geral, os fatores de risco para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares aumentam com a idade (Assar et al., 2012; Nilsson, 2014), representando esta por si só um fator de risco relevante. Adicionalmente outros fatores de risco para o desenvolvimento de DCV foram identificados, como obesidade, resistência à insulina, hipertensão arterial, hipercolesterolemia, hipertrigliceridemia, tabagismo, hormonais, história familiar positiva e inatividade física (Gerage et al., 2015; Leenders et al., 2013; Prior et al., 2014; Stewart et al., 2005; Swift et al., 2014; Warburton et al., 2006).

Estudos epidemiológicos demonstraram que um estilo de vida sedentário combinado com o processo de envelhecimento está associado a um risco aumentado de morte por DCV (Booth et al., 2011; Katzmarzyk, 2010; Rezende et al., 2014). Como resultado, a atividade física regular e o exercício físico em particular, tem sido fortemente recomendada por numerosas organizações dados os seus efeitos terapêuticos e protetores descritos contra as DCVs mesmo nos adultos mais velhos (ACSM, 2014; Andersen et al., 2009; Pate et al., 1995; Strath et al., 2013; WHO, 2010). O exercício físico (EF) parece modular o sistema cardiovascular (Vigorito & Giallauria, 2014) através de diversos mecanismos fisiológicos que envolvem a função endotelial, inflamação crônica de baixo grau e *stress* oxidativo (Fantin et al., 2012; Kawano et al., 2012; Korsager Larsen & Matchkov, 2016; Montero et al., 2014). Estas modificações fisiológicas podem, inclusivamente, alterar o sistema de condução arterial e venosa (Joyner & Casey, 2015), reduzindo a rigidez arterial (RA) de adultos e idosos (Ashor et al., 2014; Gibala et al., 2012), sendo este um dos fatores independente de risco cardiovascular.

No entanto, o conjunto de evidências existente baseia-se fundamentalmente em configurações experimentais que usam o treino específico aeróbio (Bouaziz et al., 2015; Huang et al., 2016; Lewis et al., 2017; Madden et al., 2013; Mersy, 2016) e menos frequentemente em programas de treino resistido (Ashor et al., 2014; Miyachi, 2013; Ochi et al., 2010; Williams et al., 2013). Por outro lado, os efeitos do treino combinado, para além de mais escassos, apresentam ainda um menor grau de evidência dada a conflitualidade dos estudos face às metodologias de treino utilizadas (Cadore et al., 2014; Ho et al., 2012; Li et al., 2014; Montero et al., 2015).

O exercício multicomponente, definido genericamente como a combinação de exercícios de força, resistência aeróbia, coordenação, equilíbrio e flexibilidade, tem sido cada vez mais recomendado pelas atuais diretrizes de exercício físico para idosos (ACSM, 2014), dado os resultados benéficos observados nos parâmetros de aptidão funcional (Wanderley, 2011), composição corporal (Wanderley, 2011) e saúde (Marques, 2011) dos idosos.

No nosso melhor conhecimento, nenhum estudo abordou o impacto do chamado exercício multicomponente na rigidez arterial, aptidão funcional e em determinados perfis lipídicos, metabólicos e inflamatórios em idosos.



Por outro lado, diferentes estudos têm demonstrado que as adaptações funcionais podem diminuir mesmo depois de curtos períodos de destreino após treino de força e/ou de resistência aeróbia (Carvalho et al., 2009). No entanto, poucos estudos analisaram o potencial efeito do destreino após treino multicomponente, envolvendo regra geral um pequeno tamanho amostral e ausência de grupo controle (Toraman & Ayceman, 2005).

Neste sentido, dado o crescente uso deste regime de exercício físico como uma ferramenta para um desenvolvimento coordenado da aptidão física em indivíduos idosos, o presente estudo teve como objetivo analisar os efeitos de um programa de exercício multicomponente sobre a rigidez arterial, aptidão funcional, aptidão cardiorrespiratória, composição corporal e variáveis hemodinâmicas (perfil lipídico, metabólico, inflamatório), enquanto fatores de risco importantes para o desenvolvimento de DCV em idosos residentes da comunidade.

## **Metodologia**

### *Desenho do Estudo*

Este é um estudo de natureza longitudinal de caráter experimental com uma amostra não-probabilística de grupos paralelos. A recolha dos dados decorreu de outubro de 2014 a outubro de 2016.

### *Participantes*

A amostra do estudo foi constituída por idosos da região metropolitana do Porto que se encontravam, em setembro de 2013, na lista de espera do Projeto “Mais Ativos, mais Vividos”, que decorre na Faculdade de Desporto da Universidade do Porto. Também fizeram parte da amostra, utilizadores das Universidades Sêniores ou Centros de Dia da região metropolitana do Porto e do Programa Sênior em Movimento de Gondomar.

Dos 80 idosos em espera do Projeto “Mais Ativos, mais Vividos”, 55 aceitaram participar no programa. Dos 74 idosos das Universidades Seniores ou Centros de Dia que aceitaram participar, 53 foram efetivamente avaliados (Figura 1).

A alocação no grupo de intervenção (GI) ou no grupo de controlo (GC) foi realizada por conveniência. Assim, os idosos da lista de espera do Projeto “Mais Ativos, Mais Vividos” constituíram os idosos do GI e, os idosos das Universidades Seniores ou Centros de Dia foram alocados no GC (Figura 1). Os indivíduos do GC, ao longo do estudo, mantiveram as suas rotinas diárias e realizaram uma sessão semanal de exercícios de intensidade muito leve constituída essencialmente por jogos recreativos e de relaxamento.

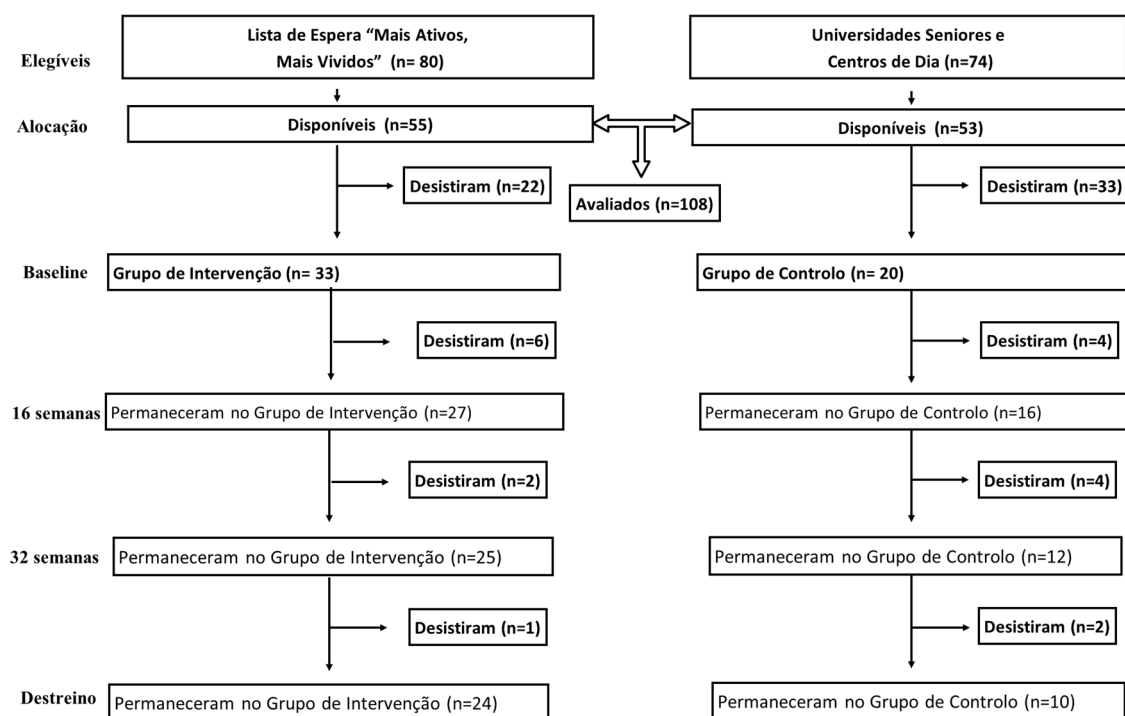


Figura 1. Fluxograma de recrutamento, *follow-up* e *drop-outs* da amostra

Os critérios de inclusão foram ter idade mínima de 65 anos e a não participação em outros programas de exercício físico nos quatro meses anteriores ao programa. Constituíram critérios de exclusão: doença cardiovascular estabelecida, desordens cognitivas, neurológicas e ortopédicas; arritmias cardíacas, hipertensão arterial severa (tensão arterial sistólica > 180 mm Hg ou tensão arterial diastólica > 100 mm Hg), síndrome coronário agudo, doença arterial periférica, desordens pulmonares e renais severas, doenças imunológicas e infecciosas crónicas. No caso do grupo intervenção foi ainda considerada uma assiduidade mínima das sessões de 75%.

Assim e porque a taxa de desistência, seja por doença ortopédica que impedia os sujeitos na realização de alguns exercícios/testes, por doença oncológica ou por razões pessoais (p. ex. cuidar dos netos, conseguiu emprego), foi demasiado elevada, procedemos a procedimentos estatísticos de *intention-to-treat*.

O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto/Portugal (Referência: CEFAD 06.2016). Todos os procedimentos foram realizados de acordo com a declaração de Helsínquia e todos os participantes assinaram o termo de consentimento informado (ANEXO

l).

### *Recolha de Dados*

Em cada momento de avaliação (*baseline*, 16 semanas, 32 semanas e destreino) os idosos foram avaliados em 2 dias distintos com um intervalo de 8 dias. No primeiro dia, foram recolhidos dados antropométricos, de composição corporal e da aptidão cardiorrespiratória e, foram entregues os acelerómetros para avaliação da atividade física diária e o questionário para determinação da avaliação nutricional. No segundo dia, os idosos devolveram os acelerómetros e foram avaliados relativamente à pressão arterial, rigidez arterial e aptidão funcional. No segundo dia das avaliações dos momentos de *baseline* e após 32 semanas de treino, os idosos de ambos os grupos compareceram em jejum de 12 horas para colheita de sangue.

### *Antropometria*

As medidas antropométricas foram realizadas com os participantes descalços, vestidos com roupas leves. A estatura (em metros) foi avaliada com o estadiómetro móvel (Seca 217, Hamburgo, Alemanha). O índice de massa corporal ( $\text{kg/m}^2$ ) foi depois calculado e os seus valores classificados de acordo a OMS (ACSM, 2014).

O perímetro de cintura (em centímetros) foi medido com uma fita métrica não flexível no ponto médio entre a última costela e a crista ilíaca, estando o participante de pé com os braços ao longo do corpo (American College of Sports Medicine, 2014). O perímetro de anca (em centímetros) foi medido no ponto cuja circunferência era mais elevada (American College of Sports Medicine, 2014). A razão entre perímetro de cintura e o perímetro de anca foi posteriormente calculado e classificado de acordo com as recomendações da ACSM. *i.e.*, o sexo feminino, o valor de referência era de 0,90 e para o sexo masculino, >1,03 (ACSM, 2014).

### *Composição corporal*

A composição corporal foi medida por absorciometria de raio X de dupla energia (DXA) (QDR 4500<sup>a</sup>, Hologic, Bedford, USA). As avaliações foram realizadas sempre pelo mesmo técnico usando procedimentos padrões conforme descrição no manual do usuário (Hologic, 2005). Nas varreduras foram analisados os seguintes parâmetros: gordura andróide (%) e gineóide (%), massa gorda (kg), massa magra (kg), índice de massa corporal e peso total (kg). As referências anatômicas para determinação da gordura gineóide e andróide foram obtidas através das linhas utilizadas na análise dos exames, nomeadamente linha rasante à crista ilíaca e a zona inferior que passam pela linha do fêmur de ambos os membros inferiores, e a partir daí, as zonas de gordura andróide e gineóide foram definidas automaticamente pelo *software*, com as indicações presentes no manual do utilizador (Hologic, 2005). A massa magra é definida como o peso total subtraído do peso referente aos tecidos ósseo e adiposo (Hologic, 2005).

#### *Aptidão funcional*

A avaliação da aptidão funcional foi realizada através do protocolo *Senior Fitness Test* de (Rikli & Jones, 2013). A bateria de testes é constituída por seis itens: *chair stand test* (para avaliação da força e resistência muscular dos membros inferiores); *arm curl* (para avaliação da força e resistência muscular dos membros superiores); *6 minute walk* (para avaliação da resistência aeróbia); *chair-sit-and-reach* (para avaliação da flexibilidade da parte posterior do tronco e dos membros inferiores); *back scratch* (para avaliação da flexibilidade da articulação do ombro); e *8-foot up and go* (para avaliação da agilidade e do equilíbrio dinâmico).

Os testes foram realizados no período da manhã sob forma de circuito para minimizar os efeitos da fadiga localizada (Rikli & Jones, 2013). Antes do início dos testes os participantes realizaram exercícios de aquecimento durante 10 minutos. Os participantes receberam instruções e demonstração de cada item. O protocolo de avaliação e os testes foram aplicados sempre pela pesquisadora. O desempenho dos idosos em cada um dos itens foi registado em fichas individuais.

### *Aptidão cardiorrespiratória*

A aptidão cardiorrespiratória foi avaliada por ergoespirometria (Oxycon-Pro, Jaeger, Wuertzber, Alemanha) em exercício submáximo através de um protocolo de esforço incremental (protocolo de Bruce) em tapete rolante. O protocolo foi constituído por 8 níveis com 3 minutos de duração (sendo o primeiro aquecimento) com velocidade e inclinação incrementais (Tabela 1).

Tabela 1. Protocolo Bruce

Nível	Tempo (min.)	Inclinação (%)	Velocidade (km/h)
1	3	10	2.7
2	6	12	4.0
3	9	14	5.4
4	12	16	6.7
5	15	18	8.0
6	18	20	8.8
7	21	22	9.6

### *Atividade física diária e tempo sedentário*

A atividade física diária e o tempo sedentário foram medidos de forma objetiva com acelerometria (GTM1, Actigraph, Pensacola, FL 32502 USA). O acelerómetro foi utilizado durante sete dias consecutivos através de um cinto ajustado à cintura, posicionado sobre a anca direita. As contagens de acelerações foram registadas em intervalos de 60 segundos (counts/minuto). Os participantes foram instruídos a utilizar o equipamento durante o período em que estivessem acordados, retirando o mesmo apenas durante a realização de atividades aquáticas, incluindo o banho.

Os dados de acelerometria foram considerados válidos quando os participantes apresentaram pelo menos 3 dias de avaliação (dois dias de semana e um dia de fim de semana) com um mínimo de 10 horas diárias de registo. O tempo de uso foi calculado através de 24 horas (que constituem um dia) menos o tempo de não uso do equipamento. O tempo de não uso foi definido como o intervalo de pelo menos 60 minutos consecutivos com registos nulos de atividade (0 counts/ min).

Para a análise e seleção dos dados foi utilizado o *software* da ActiLife (versão 6.11.4). A média de minutos diários gastos em diferentes categorias de intensidade de atividade física foi determinada de acordo com os pontos de corte que relacionam counts/min a níveis de intensidade de atividade física: tempo sedentário (0-99 counts/min), atividade física ligeira (100 – 2019 counts/min), atividade física moderada a vigorosa ( $\geq 2020$  counts/min) (Troiano et al., 2008).

#### *Pressão arterial e Rigidez arterial*

Após 20 minutos de repouso em decúbito dorsal, a pressão arterial foi medida por três vezes com intervalo de 1 minuto entre medições no braço esquerdo dos participantes através de um monitor Colin modelo BP 8800 (Critikron, Inc., Tampa, USA). Medições adicionais foram realizadas quando as diferenças entre medidas excederam 5 mmHg. A pressão arterial sistólica e a pressão arterial diastólica foram computadas como a média das 3 medições.

A rigidez arterial foi medida através da VOPcf usando o método de tonometria de aplanção (Sphygmocor, AtCor Medical; Sidney, Austrália) (SphygmoCor, 2008). Foram registadas 10 ondas de pressão sobre a artéria carótida e femoral. Os registos foram obtidos de forma subsequente pela tonometria de aplanção. Simultaneamente ao registo das ondas de pressão foi realizado o registo electrocardiográfico (Boutouyrie & Vermeersch, 2010). O tempo de trânsito foi então obtido como sendo o tempo de atraso entre a onda R do registo eletrocardiográfico e o pé da onda femoral, subtraído pelo tempo de atraso entre a onda R do registo eletrocardiográfico e o pé da onda do pulso carotídeo (Salvi et al., 2008). Para cálculo da VOPcf, dividiu-se o valor da distância direta entre os pulsos da carótida e da femoral ( $X_{direta}$ , em metros) pelo tempo de trânsito ( $\Delta t$ , em segundo) e ajustou-se, finalmente, pelo fator 0.8

[ $PWV = 0.8 * (X_{direta}/\Delta t)$  metros por segundo] (Boutouyrie & Vermeersch, 2010).

O mesmo avaliador experiente realizou duas medições de RA igual ou superior a 0.5m/s. Utilizou-se a mediana das medidas como valor de VOPcf (Van Bortel et al., 2012).

A rigidez arterial foi aferida em uma sala com a temperatura ambiente mantida por volta dos 21°C (Boutouyrie & Vermeersch, 2010).

A análise da onda de pulso foi avaliada através do registro de 10 ondas sequenciais periféricas obtidas na artéria radial do braço direito através de um tonómetro de alta precisão (Sphygmocor; AtCor Medical; Sidney, Austrália). Após captura das ondas periféricas, foi aplicado um algoritmo de transformação da mesma em uma onda central (p. ex. aórtica) (SphygmoCor, 2008). Este algoritmo permite a estimação de tensões arteriais centrais e a avaliação de parâmetros da onda central (pressão de augmentação, índice de augmentação aórtico e índice de augmentação aórtico normalizado para a frequência cardíaca de 75 batimentos por minuto) (Stoner et al., 2012). A pressão de augmentação foi calculada como sendo a diferença entre o segundo e o primeiro picos sistólicos. O índice de augmentação foi calculado como sendo a percentagem da pressão de augmentação em relação a pressão de pulso (tensão arterial sistólica menos tensão arterial diastólica). Por fim, o índice de augmentação aórtico corrigido pela frequência cardíaca de 75 batimentos por minuto foi calculado pelo programa (SphygmoCor, 2008).

### *Análises bioquímicas*

Após 12 horas em jejum foram colhidas amostras de sangue da veia antecubital em separadores de soro e tubos revestidos com EDTA. Foram avaliados os seguintes parâmetros: hemoglobina glicada (HbA1c), glicose sérica em jejum, colesterol total, colesterol de alta densidade (HDL-c), triglicerídeos, proteína C-reativa de alta sensibilidade (PCR-as) e insulina. As análises clínicas foram feitas por um laboratório devidamente credenciado para o efeito tendo sido utilizados métodos enzimáticos padrão. Os níveis de PCR-as foram determinados por meio de imunonefelometria com aumento de partículas usando um nefelómetro BNTM II (Dade Bering) (Wanderley, 2011).



### *Avaliação nutricional*

Aplicou-se o registo alimentar de 4 dias (3 dias de semana e um dia de fim de semana) para determinar o perfil nutricional. A ingestão energética e nutricional foi obtida pela conversão de alimentos em nutrientes utilizando o programa Food Processor Plus (ESHA Research, INC, Salem, Oregon). Os valores dos alimentos típicos portugueses foram calculados utilizando as tabelas portuguesas de composição alimentar. foram considerados os seguintes parâmetros: valor energético total (kcal/dia), gordura saturada (g/dia), gordura trans (g/dia), gordura total (g/dia), sódio, razão entre ômega 6 e ômega 3.

### **Programa de Treino**

O programa de treino teve uma duração de 32 semanas. Foram realizadas 3 sessões de treino por semana (às segundas, quartas e sextas-feiras). As sessões de treino multicomponente foram realizadas às segundas e às sextas-feiras, enquanto as sessões de reforço muscular decorreram às quartas-feiras.

### **Estrutura das Sessões Multicomponente (treino aeróbio + resistência muscular e/ou força + alongamentos + flexibilidade)**

Após 5-10 minutos de aquecimento onde utilizamos exercícios de baixa intensidade (p. ex. marcha e alongamentos gerais), foi desenvolvida a parte fundamental das sessões de treino multicomponente, que de seguida passamos a expor. No final existiu um período de relaxamento onde foram realizados exercícios de proprioção e alongamentos.

A parte fundamental referente ao componente aeróbio foi constituída essencialmente por marcha, *jogging* e corrida. A intensidade foi crescente (de 50 a 80% da frequência cardíaca máxima) e a duração aumentou de 20 para 40 minutos por sessão. A Tabela 2 descreve o protocolo do treino aeróbio.

Tabela 2. Descrição do protocolo do treino aeróbio das sessões de treino multicomponente

	<b>Exercício</b>	<b>Intensidade Frequência cardíaca máxima</b>	<b>Percepção Subjetiva de Esforço (0-10 pontos)</b>	<b>Duração (min por sessão)</b>
1 <sup>a</sup> e 2 <sup>a</sup> semanas	*	50%	4	20
3 <sup>a</sup> semana	*	50%	5	25
4 <sup>a</sup> a 6 <sup>a</sup> semanas	*	60%	5	30
7 <sup>a</sup> a 10 <sup>a</sup> semanas	*/**	60%	5/6	30
11 <sup>a</sup> a 13 <sup>a</sup> semanas	*/**	60%	5/6	35
14 <sup>a</sup> a 16 <sup>a</sup> semanas	*/**	70%	6	35
17 <sup>a</sup> a 21 <sup>a</sup> semanas	*/**	70%	6/7	40
22 <sup>a</sup> a 29 <sup>a</sup> semanas	*/**/**	70%	7/8	40
30 <sup>a</sup> a 32 <sup>a</sup> semanas	*/**/**	80%	8	40
<i>Note.</i> * Marcha acelerada e <i>jogging</i> ** alternados para quem não era capaz de correr; *** Intervalos entre corrida e marcha acelerada				

Para manter a intensidade do esforço dentro do expectável os idosos eram encorajados a alternarem a marcha, jogging e a corrida quando necessário. Os idosos que não conseguiam correr a baixa velocidade (p. ex. *jogging*) mantinham a marcha em velocidade mais elevada para conseguir atingir a intensidade pretendida (Tabela 2).

Ainda na parte fundamental foi realizado um trabalho de resistência

muscular (Tabela 3) feito sob forma de circuito (de 30 a 45 segundos em cada exercício com intervalos de 10 a 15 segundos), com duas passagens em cada estação. O tempo aproximado de duração do circuito foi de 10 minutos.

Tabela 3. Descrição do protocolo do treino de resistência muscular das sessões de treino multicomponente

<b>Semanas</b>	<b>Exercícios de Força Realizados /equipamento</b>	<b>Percepção Subjetiva de Esforço (0-10 pontos)</b>	<b>Nº de voltas no circuito, tempo em execução, tempo em repouso</b>
1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> , 3 <sup>a</sup> e 4 <sup>a</sup> semanas	1. Agachamento no banco 2. Flexão/extensão do cotovelo (“ <i>Bíceps</i> ”) com halteres 3. Dorsi-flexão do tornozelo na posição de pé (“ <i>Gêmeos</i> ”) 4. Flexão do ombro (“ <i>Deltoide</i> ”) com halteres 5. Abdução da anca em decúbito lateral 6. Adução e abdução do ombro (“ <i>Peitoral maior, Deltoide e tríceps</i> ”) com halteres 7. Exercícios para a musculatura abdominal (“ <i>Sit-ups</i> ”)	4/5	2 voltas 30 segundos cada exercício 15 segundos repouso
5 <sup>a</sup> semana	1. Flexão/extensão do cotovelo (“ <i>Bíceps</i> ”) com halteres 2. Agachamento no banco 3. Abdução do ombro com halteres 4. Abdução da anca em decúbito lateral	5	2 voltas 30 segundos cada exercício 10

	5. Remada com halteres 6. Abdução da anca em decúbito lateral. 7. Abdominal (“Inferior”)		segundos de descanso
6 <sup>a</sup> , 7 <sup>a</sup> , 8 <sup>a</sup> e 9 <sup>a</sup> semanas	1. Flexão/extensão do cotovelo (“Bíceps”) com halteres 2. Agachamento na <i>swiss ball</i> com halteres 3. Flexão/extensão do cotovelo (“tríceps”) com halteres 4. Abdução anca em decúbito lateral com caneleiras 5. Abdominal (“sit-ups”, “Inferior”)	5	2 voltas 30 segundos cada exercício 10 segundos de descanso
10 <sup>a</sup> , 11 <sup>a</sup> e 12 <sup>a</sup> semanas	1. Flexão/extensão do cotovelo (“Bíceps”) com halteres 2. Agachamento na <i>swiss ball</i> com halteres 3. Remada com halteres 4. Abdução anca em decúbito lateral com caneleiras 5. Abdominal (“sit-ups”, “Inferior”)	6/7	2 voltas 35 segundos cada exercício 10 segundos de descanso
13 <sup>a</sup> , 14 <sup>a</sup> , 15 <sup>a</sup> e 16 <sup>a</sup> semanas	1. Remada com halteres 2. Agachamento na <i>swiss ball</i> com halteres 3. Abdução anca em decúbito lateral com caneleiras 5. Flexão/extensão do cotovelo (“tríceps”) com halteres 6. Abdominal (“sit-ups”, “Inferior”)	6/7	2 voltas 35 segundos cada exercício descanso de 10 segundos de descanso

17 <sup>a</sup> , 18 <sup>a</sup> , 19 <sup>a</sup> , 20 <sup>a</sup> semanas	1. Agachamento + dorso flexão do tornozelo com barra 2. Flexão/extensão do cotovelo (“ <i>Bíceps</i> ”) com halteres 3. Abdução anca e flexão joelho em decúbito lateral em decúbito lateral com caneleiras 4. Tríceps/supino(combinaados) com halteres 6. Abdominal (“ <i>sit-ups</i> ”, “Inferior”)	6/7	2 voltas 40 segundos em cada exercício. Exceção: exercício bíceps (30 segundos) 10 segundos de descanso. Exceção: exercício bíceps (20 segundos)
21 <sup>a</sup> , 22 <sup>a</sup> , 23 <sup>a</sup> , 24 <sup>a</sup> semanas	1. Remada com halteres 2. Agachamento <i>kettlebell</i> 3. Flexão/extensão do cotovelo (“ <i>tríceps</i> ”) com halteres 4. Abdução e anca decúbito lateral com halteres 5. Prancha abdominal	7	2 voltas 40 segundos em cada exercício. Exceção: prancha (15 a 20 segundos) 10 segundos de descanso
25 <sup>a</sup> , 26 <sup>a</sup> , 27 <sup>a</sup> , 28 <sup>a</sup> semanas	1. Agachamento <i>kettlebell</i> 2. Flexão/extensão do cotovelo (“ <i>Bíceps</i> ”) com halteres	8	2 voltas 40 segundos

	3. Dorsi-flexão do tornozelo em pé com <i>kettlebell</i> 4. Supino com halteres 5. Abdução anca em decúbito lateral com caneleiras 6. Prancha abdominal		em cada exercício. Exceção: prancha (20 a 25 segundos)  10 segundos de descanso
29 <sup>a</sup> , 30 <sup>a</sup> , 31 <sup>a</sup> e 32 <sup>a</sup> semana	1. Agachamento + dorsi flexão do tornozelo com kettlebell ou barra 2. Flexão/extensão do cotovelo (“ <i>Bíceps</i> ”) com halteres 3. Abdução anca e flexão joelho em decúbito lateral com caneleira 4. Flexão/extensão do cotovelo (“ <i>tríceps</i> ”) com halteres 5. Prancha abdominal	8	2 voltas 45 segundos cada exercício. Exceção: prancha (25 a 30 segundos) 10 segundos de descanso

### **Estrutura das Sessões do Treino de Reforço Muscular (4as-feiras)**

Foram utilizados equipamentos de musculação com máquinas de resistência variável. O programa de treino foi iniciado por exercícios de preparação para a prática (caminhada de baixa intensidade, bicicleta estática e remoergómetro), seguidos pelos exercícios de força muscular com membros inferiores e superiores alternados (e.g. *chest press*, *low back extension*, *leg extension*, *seated leg curl*, *abdominal flexion*, *bíceps curl* e *tríceps extension*) e

finalizado com exercícios de alongamento (Tabela 4). A velocidade de execução dos exercícios foi de 2 segundos para a fase concêntrica e 2 segundos para a fase excêntrica. A estrutura do programa de treino teve como base as recomendações do *American College of Sports Medicine* (ACSM, 2014).

A determinação da força máxima (1RM) foi realizada nas semanas 3, 16 e 32 através do método supramaximal a maximal (Lacio et al., 2010; Pereira & Gomes, 2003). O intervalo de tempo entre tentativas de determinação do 1RM foi de 5 minutos (Salles et al., 2009).

Tabela 4. Descrição do protocolo do treino de reforço muscular das sessões de treino multicomponente

<b>Semanas</b>	<b>Nº Séries e Repetições</b>	<b>Intensidade Percepção Subjetiva de Esforço e % de 1RM</b>	<b>Intervalo descanso entre séries e exercícios (min.)</b>
1 <sup>a</sup> e 2 <sup>a</sup> semanas	1 X 15	Peso do equipamento (3)	3
3 <sup>a</sup> , 4 <sup>a</sup> , 5 <sup>a</sup> semanas	1 X 15	50% (4)	4
6 <sup>a</sup> , 7 <sup>a</sup> , 8 <sup>a</sup> semanas	2 X 12	50%/60% (4/6)	5
9 <sup>a</sup> , 10 <sup>a</sup> , 11 <sup>a</sup> e 12 <sup>a</sup> semanas	2X12	60% (6)	5/6
13 <sup>a</sup> , 14 <sup>a</sup> , 15 <sup>a</sup> e 16 <sup>a</sup> semanas	3X12	60/65% (6/7)	5/6
17 <sup>a</sup> , 18 <sup>a</sup> , 19 <sup>a</sup> e 20 <sup>a</sup> semanas	3X12	65%/ (6/7)	5/6
21 <sup>a</sup> , 22 <sup>a</sup> , 23 <sup>a</sup> e 24 <sup>a</sup> semanas	2X10	70%/ (7/8)	6
25 <sup>a</sup> , 26 <sup>a</sup> , 27 <sup>a</sup> e 28 <sup>a</sup> semanas	2X10	70/80% (8)	6
29 <sup>a</sup> , 30 <sup>a</sup> , 31 <sup>a</sup> e 32 <sup>a</sup> semanas	2X8	70/80% (8)	6

### *Procedimentos estatísticos*

Todos os dados foram verificados quanto à normalidade pelo teste Shapiro-wilk. Utilizou-se a estatística descritiva (média, desvio-padrão e percentagens) para caracterizar a amostra.

Foram realizadas análises de covariância de medidas repetidas (ANCOVA RM), considerando os 4 momentos no tempo (*baseline*, 16 semanas, 32 semanas e destreino) e os 2 grupos (experimental e controle), ajustada por sexo e idade, para verificar os efeitos principais do tempo, tratamento e interação tempo\*tratamento. Foi considerado o teste de *Greenhouse-Geisser* para interação tempo\*grupo. Comparações múltiplas de *Bonferroni* foram realizadas para localizar diferenças significativas em função do tempo. A magnitude do efeito (ME) foi calculada (Cohen, 1992) e classificada como pequena (ME = 0.2), média (ME = 0,5) e grande (ME = 0,8). Em seguida, a variável de calorias ingeridas foi adicionada aos modelos de ANCOVA RM, além do sódio para os indicadores de RA. Além disso, a comparação entre as características lipídicas, metabólicas e inflamatória de GC e GI foram avaliadas pelo teste *t* de *Student* ou *U* de *Mann-Whitney*.

Foi utilizado o *software Statistical Package for Social Sciences* (SPSS, Chicago, IL, USA), versão 24.0, e o nível de significância foi de  $p < 0,05$ .



## RESULTADOS

Dos 80 idosos elegíveis para participar no programa de treino, apenas 55 aceitaram participar no programa de exercício físico. Relativamente aos participantes do grupo de controlo que aceitaram participar (N=74), apenas 53 foram efetivamente avaliados (Figura 1). Entre os idosos que foram avaliados, 3 desistiram por doenças ortopédicas, 2 desistiram por doença oncológica, 9 por razões pessoais e 19 desistiram de participar por falta de motivação para a realização dos testes. No final, 25 participantes do GI e 20 participantes do GC participaram no estudo durante o período de treino. Durante o período de destreino 24 participantes do GI e 10 participantes do GC mantiveram no estudo. E aqueles que desistiram não foram incluídos nas análises.

Dos 53 idosos que participaram no estudo, 64,2% pertence ao sexo feminino, com uma média de idade de  $69 \pm 4$  anos. Relativamente às variáveis sociodemográficas, 66,7% dos idosos eram casados, 86,8% reformados e 43,4% apresentavam o nível de escolaridade do 12º ano de estudo. Entre os participantes, 39,6% faziam uso de estatinas, 24,5% de antagonistas de angiotensina, 15,1% de antiagregantes plaquetários, 13,2% diuréticos, 7,5% de bloqueadores de canais de cálcio e 1,9% de nitratos. Na baseline, as prevalências de peso normal, pré-obesidade e obesidade foram de 45,0%, 30,0% e 25,0% no GC e de 24,2%, 42,4% e 33,4% no GI, respectivamente ( $\chi^2 = 0,291$ ). Considerando a totalidade da amostra, a prevalência de sobrepeso e obesidade foi de 43,4% e 30,0% respectivamente. A prevalência da hipertensão arterial foi de 71,7% em toda a amostra (75,0% no GC e 69,7% GI), sendo a diferença entre grupos não significativa ( $p > 0,05$ ).

A Tabela 5 apresenta os valores médios para as características antropométricas, composição corporal e perfil nutricional de ambos os grupos nos 4 momentos de avaliações. Houve efeito de interação tempo\*grupo para perímetro da anca [ $F_{(3, 84)} = 8,177$ ;  $p = 0,001$ ; ME = 0,226] e níveis séricos de sódio [ $F_{(3, 57)} = 3,042$ ;  $p = 0,045$ ; ME = 0,138]. Não foram observados efeitos isolados do grupo e do tempo para as variáveis analisadas ( $p > 0,05$ ).

Tabela 5. Características antropométricas e da composição corporal dos grupos de controle e intervenção nos 4 momentos de avaliações.

Variáveis	Grupo Controle				Grupo intervenção			
	Baseline	16 semanas	32 semanas	Destreino	Baseline	16 semanas	32 semanas	Destreino
<b>Antropometria</b>								
Massa Corporal, kg	70,78 (13,49)	70,15 (13,56)	70,28 (15,55)	73,09 (17,12)	75,35 (14,42)	73,70 (14,86)	74,21 (15,75)	72,77 (13,91)
Índice de massa corporal, kg/m <sup>2</sup>	27,95 (3,44)	27,23 (3,24)	27,27 (3,89)	28,33 (3,98)	29,78 (4,45)	29,08 (4,33)	29,11 (4,34)	29,00 (3,94)
Perímetro de cintura, cm	90,69 (9,48)	88,97 (10,59)	88,92 (10,79)	91,89 (12,17)	94,91 (10,66)	91,50 (11,07)	90,60 (12,23)	89,71 (10,66)
Perímetro de anca, cm	99,95 (6,28)	97,67 (6,62)	96,63 (6,51)	98,39 (8,12)	104,45 (9,93)	102,17 (9,30)	102,18 (9,80)	99,38 (7,26)*
Razão cintura/anca	0,91 (0,07)	0,93 (0,10)	0,95 (0,08)	0,97 (0,05)	0,91 (0,08)	0,92 (0,09)	0,91 (0,09)	0,93 (0,08)
<b>Composição Corporal (DXA)</b>								
Peso, kg	68,40 (12,28)	67,60 (13,74)	68,50 (15,73)	70,33 (15,95)	73,77 (14,35)	71,95 (14,04)	72,31 (15,26)	70,97 (13,73)
Massa gorda, kg	26,33 (4,49)	25,50 (3,98)	26,01 (4,18)	25,93 (4,29)	29,33 (7,91)	27,96 (7,84)	27,66 (8,19)	27,01 (6,78)
Massa magra, kg	42,10 (10,18)	42,10 (11,53)	42,50 (12,67)	44,40 (12,81)	44,44 (9,76)	43,02 (9,62)	44,65 (10,56)	43,96 (10,50)
Gordura androide, %	42,90 (5,00)	43,10 (4,62)	44,81 (3,26)	43,25 (4,41)	42,28 (7,11)	40,74 (7,86)	40,44 (7,77)	40,37 (6,79)*
Gordura ginóide, %	38,70 (6,43)	38,29 (6,89)	38,27 (7,12)	36,75 (6,64)	40,32 (7,35)	39,52 (7,61)	39,31 (7,90)	39,41 (7,67)
<b>Perfil Nutricional</b>								
Valor energético, kcal/dia	1509,83(293,26)	1456,70(250,47)	1328,28(226,09)	1404,61(355,45)	1367,38(345,46)	1444,45(358,29)	1463,09(424,91)	1473,19(315,03)
Gordura saturada, g/dia	8,85 (2,43)	9,30 (2,03)	8,66 (2,30)	N/D	8,28 (1,95)	9,90 (1,69)	9,44 (2,32)	9,20 (2,65)
Gordura <i>trans</i> , g/dia	0,44 (0,55)	0,56 (0,76)	0,40 (0,35)	N/D	0,23 (0,29)	0,44 (0,51)	0,47 (0,39)	0,47 (0,45)
Gordura total, g/dia	29,65 (5,99)	31,22 (4,82)	30,12 (5,99)	N/D	27,3 (5,87)	31,30 (4,39)	30,7 (4,61)	29,21 (5,45)
Razão ômega 6 / ômega 3	9,39 (4,43)	8,28 (4,09)	6,40 (4,43)	6,84 (3,10)	5,84 (3,02)	7,52 (3,21)	7,98 (4,69)	8,72 (4,07)
Sódio, mg/dia	1487,2(439,2)	1366,7(301,2)	1226,4(348,6)	1454,7(543,8)	1302,2(383,2)	1472,0(543,4)	1434,3(590,0)	1449,3(428,6)*

*Nota.* Valores são média (desvio-padrão). IMC: índice de massa corporal. DEXA: Absortimetria de raios-X de energia dupla. ANCOVA de medidas repetidas \*denota interação tempo\*grupo, ajustada por sexo e idade (p<0,05).

Na Tabela 6, onde estão apresentadas as características hemodinâmicas nos 4 momentos de avaliação, mostra que não foram encontrados efeitos de interação tempo\*grupo ( $p>0,05$ ). No entanto, observou-se a existência de efeito do tempo [ $F_{(3,72)} = 4,452$ ;  $p = 0,010$ ;  $ME = 0,156$ ] para pressão de aumentação, com aumento significativo após 16 semanas. Ao final da 32ª semana, os valores retornaram aos basais e assim permaneceram após destreino tanto para GI como para GC.

Tabela 6. Características hemodinâmicas dos grupos controle e intervenção nos 4 momentos de avaliações.

Variáveis	Grupo Controle				Grupo intervenção			
	Baseline	16 semanas	32 semanas	Destreino	Baseline	16 semanas	32 semanas	Destreino
PAS, mmHg	133,49 (16,98)	129,77 (17,02)	122,25 (13,46)	127,99 (14,23)	131,63 (15,52)	133,59 (18,21)	128,16 (13,91)	133,52 (17,15)
PAD, mmHg	71,47 (7,49)	71,35 (9,54)	69,02 (7,14)	68,54 (8,79)	72,35 (9,81)	71,34 (8,75)	69,75 (7,83)	71,99 (10,42)
PPC, mmHg	53,78 (12,51)	51,57 (8,95)	49,71 (5,24)	51,50 (7,16)	52,14 (10,10)	55,22 (13,08)	51,50 (8,96)	55,20 (11,56)
PPR, mmHg	62,25 (15,11)	58,00 (9,42)	56,46 (6,04)	58,70 (8,29)	59,34 (10,31)	62,59 (13,27)	58,00 (8,75)	62,30 (11,18)
Fcrep., bpm	58,36 (5,76)	60,50 (8,47)	58,96 (4,77)	58,35 (5,35)	59,97 (7,31)	58,94 (8,16)	57,46 (7,35)	57,54 (7,00)
AP, mmHg	22,33 (8,03)	37,77 (7,58) <sup>a,c,d</sup>	19,17 (4,44)	19,60 (5,41)	20,36 (5,73)	38,44 (6,76) <sup>a,c,d</sup>	20,24 (5,65)	21,76 (7,24)
Alx, %	38,33 (9,65)	37,77 (7,58)	37,77 (6,21)	37,70 (6,53)	38,61 (7,32)	38,44 (6,76)	38,24 (6,99)	38,80 (7,85)
AIX @75 bpm	31,36 (7,87)	31,75 (8,18)	30,27 (7,63)	29,70 (7,74)	31,78 (7,07)	30,48 (7,75)	29,74 (5,98)	30,46 (6,69)
VOPcf, m/s	10,49 (2,56)	10,69 (1,62)	10,76 (1,80)	11,15 (2,76)	10,43 (2,10)	9,98 (1,81)	10,32 (1,90)	10,44 (2,11)

*Nota.* Valores em média (desvio-padrão). :PAS: pressão arterial sistólica, PAD: pressão arterial diastólica, PPC: pressão de pulso central, PPR: pressão de pulso radial, Fcrep: frequência cardíaca de repouso, AP: pressão de aumento, Alx: pressão de aumentação (%), AIX@75: pressão de aumentação a 75%, VOPcf: velocidade da onda de pulso carótida-femoral. ANCOVA de medidas repetidas \*denota interação tempo e grupo, ajustada por sexo e idade ( $p<0,05$ ). <sup>a</sup>denota diferença significativa ( $p<0,05$ ) em relação ao baseline; <sup>c</sup>denota diferença significativa ( $p<0,05$ ) em relação às 32 semanas; <sup>d</sup>denota diferença significativa ( $p<0,05$ ) em relação ao destreino, ajustada por sexo, idade, calorias ingeridas ingestão de sal.

O perfil lipídico, metabólico e inflamatório do GC e GI nos momentos pré e pós intervenção estão apresentados na Tabela 7. Não existiram diferenças significativas entre os grupos em ambos os momentos para as variáveis analisadas ( $p > 0,05$ ).

Tabela 7. Perfil lipídico, metabólico e inflamatório dos grupos controle e de intervenção nos momentos pré e pós intervenção.

Variáveis	Grupo Controle		Grupo intervenção	
	Baseline	32 semanas	Baseline	32 semanas
Glicemia, mg/dL	92,0 (11,1)	92,00 (12,23)	92,93 (12,45)	95,44 (13,51)
Triglicerídeos, mg/dL	95,07 (35,87)	96,50 (37,24)	89,57 (35,38)	99,48 (51,84)
Colesterol total, mg/dL	187,14 (21,86)	187,30 (17,10)	190,57 (41,61)	197,64 (40,72)
HDL-c, mg/dL	52,29 (12,71)	54,90 (13,23)	61,0 (18,86)	54,25 (21,88)
Proteína C reativa, mg/dL	0,29 (0,32)	0,18 (0,17)	0,36 (0,5)	0,21 (0,31)
Insulina, $\mu$ UI/mL	10,65 (6,42)	10,33 (6,14)	9,06 (4,14)	11,10 (9,60)
Hemoglobina glicada, mg/dL	5,47 (0,27)	5,56 (0,26)	5,50 (0,31)	5,54 (0,28)

*Nota.* Valores em média (desvio-padrão). HDL-c: lipoproteína de alta densidade. Teste *t* de *Student* ou *U* de *Mann-Whitney*.

Na Tabela 8 estão apresentados os resultados relativos à aptidão funcional do GC e GI nos 4 momentos de avaliação. Houve um efeito de interação tempo\*grupo para os testes *chair sit and reach* [ $F_{(3, 87)} = 10,000$ ;  $p = 0,001$ ;  $ME = 0,256$ ] e *8-foot up and go* [ $F_{(3, 81)} = 4,370$ ;  $p = 0,012$ ;  $ME = 0,139$ ]. Houve uma tendência para a redução do tempo para realizar o teste *8-foot up and go* até à 32ª semana, com posterior aumento após o destreino no GI. Da mesma forma, a melhoria da flexibilidade da parte posterior do tronco ocorreu até à 32ª semana, com posterior redução durante o destreino para GI. Houve efeito do tempo [ $F_{(3,54)} = 3,180$ ;  $p = 0,038$ ;  $ME = 0,150$ ] para o teste 6-minute walk, com aumento significativo após 16 semanas. Ao final da 32ª semana, os valores retornaram aos basais. Após o destreino, os valores no teste 6-minutos walk foi melhor em relação ao baseline tanto no GI como no GC.

Tabela 8. Caracterização da aptidão funcional dos idosos dos grupos controle e intervenção nos 4 momentos de avaliações.

Variáveis	Grupo Controle				Grupo intervenção			
	Baseline	16 semanas	32 semanas	Destreino	Baseline	16 semanas	32 semanas	Destreino
<i>Chair stand test</i> , repetições	17,89 (4,77)	18,36 (5,18)	19,55 (5,92)	19,70 (6,25)	17,10 (4,02)	20,27 (4,86)	22,65 (5,80)	19,75 (4,87)
Arm curl, repetições	18,94 (5,01)	19,07 (4,10)	21,82 (4,94)	18,80 (5,49)	20,06 (3,29)	28,00 (20,65)	23,92 (5,62)	20,50 (3,71)
<i>Chair-sit-and-reach</i> , cm	-9,21 (12,23)	-17,21 (16,00)	-17,64 (15,03)	-10,55 (16,24)	-8,84 (12,33)	-4,58 (10,07)	-2,20 (12,14)	-6,08 (11,50)*
<i>Back scratch</i> , cm	-7,26 (9,15)	-16,86 (16,32)	-14,91 (14,76)	-12,65 (10,81)	-8,95 (11,52)	-7,35 (11,78)	-10,88 (12,32)	-6,27 (12,42)*
<i>8-foot up and go</i> , segundos	5,63 (1,11)	4,92 (0,95)	5,07 (0,85)	4,95 (1,09)	4,99 (0,95)	4,60 (0,88)	4,39 (0,75)	4,87 (0,78)*
<i>6 minute walk</i> , metros	533,66 (70,69) <sup>b,d</sup>	572,63 (69,68)	553,05 (62,37) <sup>b</sup>	585,00 (57,87)	568,13 (72,77) <sup>b,d</sup>	622,98 (95,12)	588,40 (94,12) <sup>b</sup>	588,34 (70,64)

Nota. Valores em média (desvio-padrão). ANCOVA de medidas repetidas \*denota interação tempo e grupo, ajustada por sexo e idade ( $p < 0,05$ ).

<sup>b</sup>denota diferença significativa ( $p < 0,05$ ) em relação às 16 semanas; <sup>d</sup>denota diferença significativa ( $p < 0,05$ ) em relação ao destreino, ajustado por sexo, idade e calorias ingeridas.

A atividade física diária, TS e a aptidão cardiorrespiratória do GC e GI nos 4 momentos de avaliações estão apresentados na Tabela 9. Não foram encontrados efeitos do tempo, grupo e interação tempo\*grupo ( $p>0,05$ ).

Tabela 9. Caracterização da atividade física diária, tempo sedentário e aptidão cardiorrespiratória dos grupos controle e intervenção nos 4 momentos de avaliações.

Variáveis	Grupo Controle				Grupo intervenção			
	Baseline	16 semanas	32 semanas	Destreino	Baseline	16 semanas	32 semanas	Destreino
A AF ligeira, min/dia	295,13 (107,12)	285,25 (87,87)	310,81 (87,25)	280,99 (54,22)	297,82 (72,22)	308,34 (64,31)	319,77 (68,73)	294,19 (98,03)
AFMV, min/dia	21,29 (11,96)	19,39 (13,55)	18,53 (9,49)	26,15 (25,94)	22,42 (17,91)	25,00 (17,73)	26,04 (19,82)	23,95 (16,08)
Nº passos, n/dia	6527,76 (1813,24)	6152,82 (1847,66)	6768,91 (1494,26)	10790,18 (5352,37)	6690,22 (2300,53)	6792,60 (2326,05)	7384,91 (2331,67)	6055,98 (1429,58)
Tempo sedentário, min/dia	1080,99 (104,94)	1060,97 (148,77)	1074,09 (104,82)	1125,77 (63,95)	1072,69 (82,55)	986,08 (190,47)	1054,39 (51,13)	1107,70 (91,34)
Aptidão cardiorrespiratória								
VO <sub>2 pico</sub> , ml/min/Kg	23,10 (4,97)	25,48 (4,61)	23,62 (2,96)	23,79 (3,52)	23,78 (5,02)	24,71 (5,30)	24,97 (4,49)	23,88 (4,76)

*Nota.* Valores em média (desvio-padrão). AF: atividade física; AFGV: atividade física moderada e vigorosa; VO<sub>2 pico</sub>: consumo pico de oxigênio. ANCOVA de medidas repetidas \*denota interação tempo e grupo, ajustada por sexo e idade ( $p<0,05$ ).

Quando os resultados foram controlados para a quantidade de calorias ingeridas foram observados efeitos de interação tempo\*grupo para os testes *chair-sit-and-reach* [ $F_{(3, 72)} = 10,897$ ;  $p = 0,000$ ;  $ME = 0,312$ ], *back scratch* [ $F_{(3, 69)} = 3,468$ ;  $p = 0,034$ ;  $ME = 0,131$ ] e percentagem de gordura androide [ $F_{(3, 78)} = 3,185$ ;  $p = 0,034$ ;  $ME = 0,109$ ]. Não foram verificadas interações para os indicadores de RA, ajustados pela ingestão de sódio.

## DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi analisar o efeito de um programa de exercício físico multicomponente com duração de 32 semanas e do destreino de 16 semanas na aptidão funcional e cardiorespiratória, composição corporal, perfil lipídico, metabólico e inflamatório e rigidez arterial (RA) em idosos residentes na comunidade. Os nossos principais resultados revelaram um efeito de interação entre o tempo\*grupo para o perímetro da anca, ingestão de o sódio, os testes *chair-sit-and-reach*, *8-foot up and go*, *back scratch* e para a percentagem de gordura androide. Foi ainda observado efeito do tempo para pressão de aumentação e teste de *6 minute walk*.

O nosso estudo verificou, ainda, tendência para a redução do perímetro da anca em função do tempo enquanto que a ingestão de sódio teve tendência de aumento ao longo do período de intervenção e de destreino no GI. Embora tenha apresentado uma tendência de aumento, os valores de sódio mantiveram-se dentro das recomendações. A ingestão de sal é um dos fatores de risco que contribuem para o desenvolvimento e/ou agravamento da RA (Gu et al., 1998), hipertensão arterial (Sun, 2015; World Health Organization, 2007) e DCV (Ha, 2014; World Health Organization, 2007). As recomendações da OMS e da ONU para Agricultura e Alimentação é de menos de 5 gramas de sal por dia (Ha, 2014; Krauss et al., 2000). Num grupo de meia-idade de hipertensos resistentes, a redução de ingestão de sal durante uma semana resultou numa diminuição da pressão arterial sistólica e diastólica em 22,7 e 9,1 mmHg, respectivamente (De Keyzer et al., 2015). A sensibilidade ao sal parece ser maior em hipertensos do que em normotensos (Sun, 2015) e aumenta com a idade (Sun, 2015).

Os resultados do nosso estudo também demonstraram que houve uma tendência a melhoria nos testes *chair-sit-and-reach* e *back scratch* no GI,

mantendo-se com o destreino menor do que momento de baseline, indicando que a flexibilidade da região posterior e superior do tronco foram beneficiadas através do treino multicomponente de 32 semanas, e que as 16 semanas do destreino foram suficientes para retornar aos valores abaixo dos níveis basais. Estes resultados reforçam, assim, a necessidade de estimular de forma regular o aparelho musculo-esquelético no sentido de manter ou inclusivamente melhorar a amplitude articular implicada em diferentes tarefas da vida quotidiana e importante para a saúde e bem-estar dos idosos. O declínio da flexibilidade no quadril nos idosos varia entre 20% os 40% até os 70 anos de idade (Sampaio et al., 2016), apresentando como consequência a diminuição da funcionalidade diária, o aumento dos riscos de lesão, de queda e de dor nas costas (Sampaio et al., 2016), queixa comum entre os idosos. O treino da mobilidade articular ou flexibilidade é aconselhada a todas as pessoas, independentemente da idade (ACSM, 2014). Embora o protocolo não tenha sido idêntico, Lee e colaboradores (2015), num grupo de idosos com hemiparesia crónica após acidente vascular cerebral, encontram resultados que reforçam pelo menos em parte os nossos achados. Este autores verificaram que o treino combinado com uma duração de 16 semanas, melhorou diversos componentes da aptidão funcional, nomeadamente a flexibilidade quando comparados com o grupo controle. Também, Kang e colaboradores (2015) verificaram que após quatro semanas de treino, 22 idosos do GI tiveram melhorias da flexibilidade assim como também do equilíbrio dinâmico/agilidade comparativamente ao GC. A melhoria do equilíbrio dinâmico, igualmente verificada no presente estudo, pode ser fundamental para diminuir os riscos de queda no idoso (Cao et al., 2007).

Adicionalmente, Sousa & Mendes (2013) verificaram que o treino multicomponente com uma duração total de 12 semanas em idosos institucionalizados melhorou significativamente diferentes componentes da aptidão física, nomeadamente a força/resistência dos membros inferiores e superiores e a capacidade cardiorrespiratória. Neste sentido, os nossos achados apontaram para aumento da distância percorrida no teste 6-min walk após 16 semanas de estudo e permaneceu acima dos valores de baseline mesmo após o destreino. Embora o teste 6-min walk não tenha alcançado efeito de interação tempo\*grupo, o fato de apresentar efeito isolado do tempo, sugere a importância do exercício na melhoria da mobilidade de idosos, bem como a manutenção da



capacidade adquirida após período de destreino. Embora não tenha acompanhado o período do destreino e tenham utilizado uma população mais jovem comparativamente à nossa, Ajiboye e colaboradores (2015) verificaram que o treino de 12 semanas em um grupo de adultos de meia-idade com insuficiência cardíaca melhorou a performance no teste de *6 minute walk*. Em concordância com os nossos resultados, Toraman & Ayceman (2005) verificaram em grupos de idosos melhorias no tempo do *6 minute walk* após treino e posterior redução dos valores após seis semanas de destreino.

Assim em conformidade com o nosso estudo, Cadore e colaboradores (2013), numa revisão sistemática, constataram que intervenções compostas por exercícios multicomponentes de força, resistência aeróbia e de equilíbrio parecem ser a melhor estratégia para melhorar a funcionalidade de idosos. Estes são componentes capazes de provocar a perda da mobilidade funcional e contribuir para a ocorrência de quedas e possíveis perda da independência física (Batista et al., 2009; Villareal et al., 2011), hospitalização e morte. O tempo prolongado das hospitalizações em idosos, para além dos gastos com medicações pode comportar elevados custos para a saúde pública.

Quando verificamos a quantidade de calorias ingeridas, parece ter havido um aumento, embora tenhamos observado interação tempo\*grupo no presente estudo, com uma tendência para a redução no percentual de gordura andróide. Duas informações relevantes podem ser admitidas aqui. A primeira refere-se ao potencial efeito benéfico do exercício no controle da obesidade e consequentemente dos seus efeitos metabólicos adversos, como por exemplo, dislipidemia, resistência à insulina e hipertensão arterial (Swift et al., 2014). Estes, em conjunto, agravam a rigidez arterial e contribuem para o aumento da probabilidade de doenças das artérias coronárias, acidente vascular cerebral e diabetes tipo II (International Diabetes Federation, 2006; Jefferson et al., 2016; Jung & Choi, 2014; Shilpa et al., 2014; St-Onge & Gallagher, 2010; Swift et al., 2014; Zebekakisa et al., 2005), comprometendo a funcionalidade (Ard et al., 2016; Milanović et al., 2013) e a saúde e qualidade de vida do idoso. A segunda, refere-se à necessidade da manutenção dos níveis de atividade física regulares para controlo da gordura corporal andróide na população idosa.

Além de interferir na realização das atividades diárias, a redução da massa gorda é sempre positiva, pois o aumento excessivo de gordura em

qualquer um de seus depósitos pode prejudicar o metabolismo dos hidratos de carbono e lipídios, como também colaborar com fatores potencializadores da síndrome metabólica (Hee-Jin & Sang-Hwan, 2015; Jung & Choi, 2014). A localização do depósito de gordura possui grau metabólico e endócrino diferenciado, estes parecem colaborar de maneira diferente, mas ambos importantes para a expressão e secreção de adipocinas, podendo ter papel modulador, principalmente na obesidade (Hermsdorff & Monteiro, 2004). Embora poucos estudos tivessem aplicado protocolo de treino semelhante ao nosso, algumas pesquisas confirmam a utilização do exercício físico como uma estratégia para perda de massa gorda também na população de idosos (Ho et al., 2012). Villareal e colaboradores (2011) observaram perda de gordura em idosos após três meses de intervenção com protocolo multicomponente (resistência aeróbica, força muscular e equilíbrio).

As alterações na composição corporal decorrentes do envelhecimento primário, tais como, perda de massa magra, aumento de gordura corporal, especialmente na região abdominal, e a redução da força muscular (Avila et al., 2010), justificam o valor de intervenções, tal como aquele por nós aplicado, que podem modificar esse perfil.

Em relação às variáveis hemodinâmicas, nossos achados revelaram um aumento da AP após a 16ª semana e com retorno aos valores basais na 32ª semana e prologou-se após o período de destreino, no GI. A AP representa a relação entre a mudança de pressão e a velocidade do fluxo sanguíneo na ausência da onda reflexa (O'Rourke & Gallagher, 1996; O'Rourke & Staessen, 2002), expressando uma pressão adicional à pressão sistólica aórtica, (O'Rourke & Staessen, 2002).

Assim, tendo por base os nossos resultados podemos concluir que o protocolo de 32 semanas de exercício físico multicomponente contribuiu para melhoria da flexibilidade, equilíbrio dinâmico e agilidade, e % de gordura androide em idosos. Com relação ao destreino, 16 semanas de cessação de atividade foram suficientes para retornar aos valores basais de pré-treino na pressão de aumentação, e uma tendência de aumento no percentual de gordura androide, fatores de risco importantes da DCV, o que reforça a necessidade da manutenção dos níveis diários de atividade física. No entanto, foi possível observar que o efeito do treino na capacidade cardiorrespiratória se manteve

após 16 semanas de destreino, dado que a distância no teste 6-min walk permaneceu acima dos níveis basais. Por outro lado, o presente estudo não demonstrou quaisquer benefícios do treino multicomponente na rigidez arterial.

O presente estudo apresenta como principal limitação o tamanho reduzido da amostra com uma distribuição não aleatória dos grupos de intervenção e de controlo. Para além disso, o tamanho amostral do grupo controlo foi menor que o grupo de intervenção. Por outro lado, a monitorização da intensidade das sessões de exercício ocorreu por meio da escala de Borg, um método subjetivo que pode provocar viés nas informações reportadas pelos participantes.

Por outro lado, o controlo da dieta e a avaliação objetiva da atividade física, da rigidez arterial, da aptidão cardiorrespiratória e da composição corporal por meio de métodos de referência e a duração e inserção do destreino no presente estudo constituem-se como pontos fortes.

## Referências

- Ajiboye, O. A., Anigbogu, C. N., Ajuluchukwu, J. N., & Jaja, S. I. (2015). Exercise training improves functional walking capacity and activity level of Nigerians with chronic biventricular heart failure. *Hong Kong Physiotherapy Journal*, 33(1), 42-49.
- Almeida, L. M. d. (2010). Os serviços de saúde pública e sistema de saúde. *Serviços de Saúde Pública*, 28(1), 79-92.
- American College of Sports Medicine. (2014). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (9ª edição ed.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Andersen, L. B., Anderssen, S., Bachl, N., Banzer, W., Brage, S., Brettschneider, W.-D., Ekelund, U., Fogelholm, M., Froberg, K., Gil-Antuñano, N. P., Larins, V., Naul, R., Oppert, J.-M., Page, A., Reggiani, C., Riddoch, C., Rütten, A., Sardinha, L. B., Tuomilehto, J., Mechelen, W. V., & Vass, H. (2009). *Orientações da União Europeia para a Actividade Física - Políticas Recomendadas para a Promoção da Saúde e do Bem-Estar*. Lisboa: Instituto do Desporto de Portugal.
- Arboix, A. (2015). Cardiovascular risk factors for acute stroke: Risk profiles in the different subtypes of ischemic stroke. *World Journal of Clinical Cases : WJCC*, 3(5), 418-429.
- Ard, J. D., Cook, M., Rushing, J., Frain, A., Beavers, K., Miller, G., Miller, M. E., & Nicklas, B. (2016). Impact on weight and physical function of intensive medical weight loss in older adults with stage II and III obesity. *Obesity*, 24(9), 1861-1866.
- Ashor, A. W., Lara, J., Siervo, M., Celis-Morales, C., & Mathers, J. C. (2014). Effects of exercise modalities on arterial stiffness and wave reflection: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *PLoS One*, 9, e110034.
- Assar, M. E., Angulo, J., Vallejo, S., Peiro, C., Sanchez-Ferrer, C. F., & Rodriguez-Manas, L. (2012). Mechanisms involved in the aging-induced vascular dysfunction. *Frontiers Physiology*, 3(132), 1-13.
- Avila, J. J., Gutierrez, J. A., Sheehy, M. E., Lofgren, I. E., & Delmonico, M. J. (2010). Effect of moderate intensity resistance training during weight loss

- on body composition and physical performance in overweight older adults. *European Journal of Applied Physiology*, 109(3), 517-525.
- Batista, L. H., Vilar, A. C., de Almeida Ferreira, J. J., Rebelatto, J. R., & Salvini, T. F. (2009). Active stretching improves flexibility, joint torque, and functional mobility in older women. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 88, 815-822.
- Booth, F. W., Laye, M. J., & Roberts, M. D. (2011). Lifetime sedentary living accelerates some aspects of secondary aging. *Journal of Applied Physiology*, 111(5), 1497-1504.
- Bouaziz, W., Schmitt, E., Kaltenbach, G., Geny, B., & Vogel, T. (2015). Health benefits of cycle ergometer training for older adults over 70: a review. *European Review of Aging and Physical Activity*, 12(8), 1-13.
- Boutouyrie, P., & Vermeersch, S. J. (2010). Determinants of pulse wave velocity in healthy people and in the presence of cardiovascular risk factors: 'establishing normal and reference values. The reference value for arterial stiffness collaboration. *European Heart Journal*, 31(19), 2338-2350.
- Cadore, E. L., Pinto, R. S., Bottaro, M., & Izquierdo, M. (2014). Strength and Endurance Training Prescription in Healthy and Frail Elderly. *Aging and Disease*, 5(3), 183-195.
- Cadore, E. L., Rodríguez-Mañas, L., Sinclair, A., & Izquierdo, M. (2013). Effects of Different Exercise Interventions on Risk of Falls, Gait Ability, and Balance in Physically Frail Older Adults: A Systematic Review. *Rejuvenation Research*, 16(2), 105-114.
- Cao, Z. B., Maeda, A., Shima, N., Kurata, H., & Nishizono, H. (2007). The effect of a 12-week combined exercise intervention program on physical performance and gait kinematics in community-dwelling elderly women. *Journal of Physiological Anthropology*, 26(3), 325-332.
- Carvalho, M. J., Marques, E., & Mota, J. (2009). Training and detraining effects on functional fitness after a multicomponent training in older women. *Gerontology*, 55(1), 41-48.
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychol Bull*, 112(1), 155-159.
- De Keyzer, W., Tilleman, K., Ampe, J., De Henauw, S., & Huybrechts, I. (2015). Effect of sodium restriction on blood pressure of unstable or uncontrolled

- hypertensive patients in primary care. *Nutrition Research and Practice*, 9(2), 180-185.
- Direção Geral de Saúde. (2016). *Portugal Doenças Cérebro-Vasculares em Números - 2015*. Lisboa: Direção-Geral da Saúde.
- Eurostat. (2016). Population statistics at regional level/pt. *Comissão Europeia* Consult. 24/04/2017, disponível em <http://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/pdfscache/14271.pdf>
- Fantin, F., Rossi, A., Morgante, S., Soave, D., Bissoli, L., Cazzadori, M., Elena Vivian, M., Valsecchi, M., & Zamboni, M. (2012). Supervised walking groups to increase physical activity in elderly women with and without hypertension: effect on pulse wave velocity. *Hypertension Research*, 35, 988-993.
- Fleg, J. L., & Strait, J. (2012). Age-associated changes in cardiovascular structure and function: a fertile milieu for future disease. *Heart Failure Reviews*, 17(4-5), 545-554.
- Gerage, A. M., Benedetti, T. R., Farah, B. Q., Santana Fda, S., Ohara, D., Andersen, L. B., & Ritti-Dias, R. M. (2015). Sedentary Behavior and Light Physical Activity Are Associated with Brachial and Central Blood Pressure in Hypertensive Patients. *PLoS One*, 10(12), e0146078.
- Gibala, M. J., Little, J. P., Macdonald, M. J., & Hawley, J. A. (2012). Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *Journal of Physiological* 590(5), 1077-1084.
- Gu, J. W., Anand, V., Shek, E. W., Moore, M. C., Brady, A. L., Kelly, W. C., & Adair, T. H. (1998). Sodium induces hypertrophy of cultured myocardial myoblasts and vascular smooth muscle cells. *Hypertension*, 31(5), 1083-1087.
- Ha, S. K. (2014). Dietary Salt Intake and Hypertension. *Electrolyte Blood Pressure* 12(1), 7-18.
- Hee-Jin, H., & Sang-Hwan, K. (2015). The association among three aspects of physical fitness and metabolic syndrome in a Korean elderly population. *Diabetology & Metabolic Syndrome*, 7, 1-6.
- Hermisdorff, H. H. M., & Monteiro, J. B. R. (2004). Gordura visceral, subcutânea ou intramuscular: onde está o problema? *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, 48(6), 803-811.

- Ho, S. S., Dhaliwal, S. S., Hills, A. P., & Pal, S. (2012). The effect of 12 weeks of aerobic, resistance or combination exercise training on cardiovascular risk factors in the overweight and obese in a randomized trial. *BioMed Central Public Health*, 12(704), 1-10.
- Hologic. (2005). *QDR for Windows XP: Reference manual*. Bedford: Hologic.
- Huang, C., Wang, J., Deng, S., She, Q., & Wu, L. (2016). The effects of aerobic endurance exercise on pulse wave velocity and intima media thickness in adults: A systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 26(5), 478-487.
- International Diabetes Federation. (2006). *The IDF consensus worldwide definition of the Metabolic Syndrome*. Brussels: International Diabetes Federation.
- Jefferson, M. E., Nicklas, B. J., Chmelo, E. A., Crotts, C. I., Shaltout, H. A., Diz, D. I., Marsh, A. P., & Brinkley, T. E. (2016). Effects of Resistance Training With and Without Caloric Restriction on Arterial Stiffness in Overweight and Obese Older Adults. *American Journal of Hypertension*, 29(4), 494-500.
- Joyner, M. J., & Casey, D. P. (2015). Regulation of Increased Blood Flow (Hyperemia) to Muscles During Exercise: A Hierarchy of Competing Physiological Needs. *Physiological Reviews*, 95(2), 549-601.
- Jung, U. J., & Choi, M.-S. (2014). Obesity and Its Metabolic Complications: The Role of Adipokines and the Relationship between Obesity, Inflammation, Insulin Resistance, Dyslipidemia and Nonalcoholic Fatty Liver Disease. *International Journal of Molecular Sciences*, 15(4), 6184-6223.
- Kang, S., Hwang, S., Klein, A. B., & Kim, S. H. (2015). Multicomponent exercise for physical fitness of community-dwelling elderly women. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(3), 911-915.
- Katzmarzyk, P. T. (2010). Physical Activity, Sedentary Behavior, and Health: Paradigm Paralysis or Paradigm Shift? *Diabetes*, 59(11), 2717-2725.
- Kawano, H., Iemitsu, M., Gando, Y., Ishijima, T., Asaka, M., Aoyama, T., Ando, T., Tokizawa, K., Miyachi, M., Sakamoto, S., & Higuchi, M. (2012). Habitual rowing exercise is associated with high physical fitness without affecting arterial stiffness in older men. *Journal of Sports Sciences*, 30(3), 241-246.

- Korsager Larsen, M., & Matchkov, V. V. (2016). Hypertension and physical exercise: The role of oxidative stress. *Medicina*, 52(1), 19-27.
- Krauss, R. M., Eckel, R. H., Howard, B., Appel, L. J., Daniels, S. R., Deckelbaum, R. J., Erdman, J. W., Kris-Etherton, P., Goldberg, I. J., Kotchen, T. A., Lichtenstein, A. H., Mitch, W. E., Mullis, R., Robinson, K., Wylie-Rosett, J., Jeor, S. S., Suttie, J., Tribble, D. L., & Bazzarre, T. L. (2000). Revision 2000: A Statement for Healthcare Professionals From the Nutrition Committee of the American Heart Association. *Stroke*, 31, 2751-2766.
- Lacio, M. L., Damasceno, V. O., Reis, V. M., Brito, J. P., & Filho, J. F. (2010). Precisão das equações preditivas de 1-RM em praticantes não competitivos de treino de força. *Motricidade*, 6(3), 31-37.
- Lee, Y. H., Park, S. H., Yoon, E. S., Lee, C.-D., Wee, S. O., Fernhall, B., & Jae, S. Y. (2015). Effects of combined aerobic and resistance exercise on central arterial stiffness and gait velocity in patients with chronic poststroke hemiparesis. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 94(9), 687-695.
- Leenders, M., Verdijk, L. B., van der Hoeven, L., van Kranenburg, J., Nilwik, R., & van Loon, L. J. (2013). Elderly men and women benefit equally from prolonged resistance-type exercise training. *The Journals of Gerontology: Biological Sciences*, 68(7), 769-779.
- Lewis, M., Peiris, C. L., & Shields, N. (2017). Long-term home and community-based exercise programs improve function in community-dwelling older people with cognitive impairment: a systematic review. *Journal of Physiotherapy*, 63(1), 23-29.
- Li, Y., Hanssen, H., Cordes, M., Rossmeissl, A., Endes, S., & Schmidt-Trucksass, A. (2014). Aerobic, resistance and combined exercise training on arterial stiffness in normotensive and hypertensive adults: A review. *European Journal of Sport Science*, 15(5), 1-15.
- Madden, K. M., Lockhart, C., Cuff, D., Potter, T. F., & Meneilly, G. S. (2013). Aerobic training-induced improvements in arterial stiffness are not sustained in older adults with multiple cardiovascular risk factors. *Journal of Human Hypertension*, 27, 335-339.
- Mancia, G., Fagard, R., Narkiewicz, K., Redon, J., Zanchetti, A., Bohm, M., Christiaens, T., Cifkova, R., De Backer, G., Dominiczak, A., Galderisi, M.,



Grobbbee, D. E., Jaarsma, T., Kirchhof, P., Kjeldsen, S. E., Laurent, S., Manolis, A. J., Nilsson, P. M., Ruilope, L. M., Schmieder, R. E., Sirnes, P. A., Sleight, P., Viigimaa, M., Waeber, B., Zannad, F., Redon, J., Dominiczak, A., Narkiewicz, K., Nilsson, P. M., Burnier, M., Viigimaa, M., Ambrosioni, E., Caulfield, M., Coca, A., Olsen, M. H., Schmieder, R. E., Tsioufis, C., van de Borne, P., Zamorano, J. L., Achenbach, S., Baumgartner, H., Bax, J. J., Bueno, H., Dean, V., Deaton, C., Erol, C., Fagard, R., Ferrari, R., Hasdai, D., Hoes, A. W., Kirchhof, P., Knuuti, J., Kolh, P., Lancellotti, P., Linhart, A., Nihoyannopoulos, P., Piepoli, M. F., Ponikowski, P., Sirnes, P. A., Tamargo, J. L., Tendera, M., Torbicki, A., Wijns, W., Windecker, S., Clement, D. L., Coca, A., Gillebert, T. C., Tendera, M., Rosei, E. A., Ambrosioni, E., Anker, S. D., Bauersachs, J., Hitij, J. B., Caulfield, M., De Buyzere, M., De Geest, S., Derumeaux, G. A., Erdine, S., Farsang, C., Funck-Brentano, C., Gerc, V., Germano, G., Gielen, S., Haller, H., Hoes, A. W., Jordan, J., Kahan, T., Komajda, M., Lovic, D., Mahrholdt, H., Olsen, M. H., Ostergren, J., Parati, G., Perk, J., Polonia, J., Popescu, B. A., Reiner, Z., Ryden, L., Sirenko, Y., Stanton, A., Struijker-Boudier, H., Tsioufis, C., van de Borne, P., Vlachopoulos, C., Volpe, M., & Wood, D. A. (2013). 2013 ESH/ESC guidelines for the management of arterial hypertension: the Task Force for the Management of Arterial Hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal*, 34, 2159-2219.

Marques, E. A. A. F. (2011). *Exercise training, Bone and Aging. Evidence from different impact loading exercise interventions on age-related bone loss*. Porto: Elisa Marques. Dissertação de Doutoramento apresentada a Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Mersy, D. J. (2016). Health benefits of aerobic exercise. *Postgraduate Medicine*, 90(1), 103-112.

Milanović, Z., Pantelić, S., Trajković, N., Sporiš, G., Kostić, R., & James, N. (2013). Age-related decrease in physical activity and functional fitness among elderly men and women. *Clinical Interventions in Aging*, 8, 549-556.

- Miyachi, M. (2013). Effects of resistance training on arterial stiffness: a meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 47(6), 393-396.
- Monteiro, M. d. F., & Filho, a. D. C. S. (2004). Physical exercise and blood pressure control. *Revista Brasileira de Medicina e Esporte*, 10(6), 517-519.
- Montero, D., Roberts, C. K., & Vinet, A. (2014). Effect of aerobic exercise training on arterial stiffness in obese populations : a systematic review and meta-analysis. *The American Journal of Sports Medicine*, 44(6), 833-843.
- Montero, D., Vinet, A., & Roberts, C. K. (2015). Effect of combined aerobic and resistance training versus aerobic training on arterial stiffness. *International Journal of Cardiology*, 178, 69-76.
- National, U. (2015). *World Population Ageing 2015*. New York: Department of Economic and Social Affairs, Population Division.
- Nilsson, P. M. (2014). Hemodynamic Aging as the Consequence of Structural Changes Associated with Early Vascular Aging (EVA). *Aging and Disease*, 5(2), 109-113.
- Ochi, M., Kohara, K., Tabara, Y., Kido, T., Uetani, E., Ochi, N., Igase, M., & Miki, T. (2010). Arterial stiffness is associated with low thigh muscle mass in middle-aged to elderly men. *Atherosclerosis*, 212(1), 327-332.
- Organização Mundial da Saúde. (2015). *Relatório mundial de envelhecimento e saúde*. Genebra: Organização Mundial da Saúde.
- O'Rourke, M. F., & Staessen, J. A. (2002). Clinical Applications of Arterial Stiffness definition and reference values. *American Journal of Hypertension*, 15(5), 426-444.
- O'Rourke, M. F., & Gallagher, D. E. (1996). Pulse wave analysis. *Journal of Hypertension*, 14(5), S147-S157.
- Pate, R. R., Pratt, M., Blair, S. N., Haskell, W. L., Macera, C. A., Bouchard, C., Buchner, D., Ettinger, W., Heath, G. W., King, A. C., Kriska, A., Leon, A. S., Marcus, B. H., Morris, J., Paffenbarger, R. S., Patrick, K., Pollock, M. L., Rippe, J. M., Sallis, J., & Wilmore, J. H. (1995). Physical activity and public health a recommendation from the Centers for Disease Control and prevention and the American College of Sports Medicine. *Journal of the American Medical Association*, 273(5), 402-407.

- Pereira, M. I. R., & Gomes, P. S. C. (2003). Testes de força e resistência muscular: confiabilidade e predição de uma repetição máxima – Revisão e novas evidências. *Revista Brasileira de Esporte*, 9(5), 325-335.
- Prior, S. J., Blumenthal, J. B., Katzel, L. I., Goldberg, A. P., & Ryan, A. S. (2014). Increased skeletal muscle capillarization after aerobic exercise training and weight loss improves insulin sensitivity in adults with IGT. *Diabetes Care*, 37, 1469-1475.
- Rezende, L. F. M. d., Rey-López, J. P., Matsudo, V. K. R., & Luiz, O. d. C. (2014). Sedentary behavior and health outcomes among older adults: a systematic review. *BioMed Central Public Health*, 14(333), 1-9.
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2013). Development and validation of criterion-referenced clinically relevant fitness standards for maintaining physical independence in later years. *Gerontologist*, 1-13.
- Salles, B. F. d., Simão, R., Miranda, F., Novaes, F. d. S., Lemos, A., & Willardson, J. M. (2009). Rest interval between sets in strength training. *Sport Medicine*, 39(9), 765-777.
- Salvi, P., Magnani, E., Valbusa, F., Agnoletti, D., Alecu, C., Joly, L., & Benetos, A. (2008). Comparative study of methodologies for pulse wave velocity estimation. *Journal of Human Hypertension*, 22, 669-677.
- Sampaio, A., Marques, E. A., Mota, J., & Carvalho, J. (2016). Effects of a multicomponent exercise program in institutionalized elders with Alzheimer's disease. *Dementia*, 1-15.
- Sentell, T. L., Ahn, H. J., Miyamura, J., & Juarez, D. T. (2015). Cost Burden of Potentially Preventable Hospitalizations for Cardiovascular Disease and Diabetes for Asian Americans, Pacific Islanders, and Whites in Hawai'i. *Journal of Health Care Poor Underserved*, 26(20), 63-82.
- Shilpa, A., Kalyani, S., & Manisha, S. (2014). Health consequences of obesity in the elderly. *Journal of Clinical Gerontology and Geriatrics*, 5(3), 63-67.
- Sousa, N., & Mendes, R. (2013). Effects of resistance versus multicomponent training on body composition and functional fitness in institutionalized elderly women. *Journal of the American Geriatrics Society*, 61(10), 1815-1817.
- SphygmoCor. (2008). *Software Operator's Guide Pulse wave velocity assessment system*. Sydney, Australia: AtCor Medical.

- St-Onge, M.-P., & Gallagher, D. (2010). Body composition changes with aging: the cause or the result of alterations in metabolic rate and macronutrient oxidation? *Nutrition*, 26(2), 152-155.
- Stewart, K. J., Bacher, A. C., Turner, K., Lim, J. G., Hees, P. S., Shapiro, E. P., Tayback, M., & Ouyang, P. (2005). Exercise and risk factors associated with metabolic syndrome in older adults. *American Journal of Preventive Medicine*, 28(1), 9-18.
- Stoner, L., Young, J. M., & Fryer, S. (2012). Assessments of arterial stiffness and endothelial function using pulse wave analysis. *International Journal of Vascular Medicine*, 25(2), 1-10.
- Strath, S. J., Kaminsky, L. A., Ainsworth, B. E., Ekelund, U., Freedson, P. S., Gary, R. A., Richardson, C. R., Smith, D. T., & Swartz, A. M. (2013). Guide to the assessment of physical activity: Clinical and research applications: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 128(20), 2259-2279.
- Sun, Z. (2015). Aging, arterial stiffness, and hypertension. *Hypertension*, 65(2), 252-256.
- Swift, D. L., Johannsen, N. M., Lavie, C. J., Earnest, C. P., & Church, T. S. (2014). The role of exercise and physical activity in weight loss and maintenance. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 56(4), 441-447.
- Toraman, N. F., & Ayceman, N. (2005). Effects of six weeks of detraining on retention of functional fitness of old people after nine weeks of multicomponent training. *British Journal of Sports Medicine*, 39, 565-568.
- Troiano, R. P., Berrigan, D., Dodd, K. W., Masse, L. C., Tilert, T., & McDowell, M. (2008). Physical activity in the United States measured by accelerometer. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 40(1), 181-188.
- Van Bortel, L. M., Laurent, S., Boutouyrie, P., Chowienczyk, P., Cruickshank, J. K., De Backer, T., Filipovsky, J., Huybrechts, S., Mattace-Raso, F. U., Protogerou, A. D., Schillaci, G., Segers, P., Vermeersch, S., Weber, T., Artery, S., European Society of Hypertension Working Group on Vascular, S., Function, & European Network for Noninvasive Investigation of Large, A. (2012). Expert consensus document on the measurement of aortic stiffness in daily practice using carotid-femoral pulse wave velocity. *Journal of Hypertension*, 30(3), 445-448.

- Vigorito, C., & Giallauria, F. (2014). Effects of exercise on cardiovascular performance in the elderly. *Frontiers in Physiology*, 5(51), 1-8.
- Villareal, D. T., Smith, G. I., Sinacore, D. R., Shah, K., & Mittendorfer, B. (2011). Regular multi-component exercise increases physical fitness and muscle protein anabolism in frail, obese, older adults. *Obesity Journal*, 19(2), 312-318.
- Wanderley, F. A. C. (2011). *Functional fitness, cardiovascular risk factors, and health related quality of life in older adults: interrelations and effects of different exercise types*. Porto: Flávia Wanderley. Dissertação de Doutorado apresentada a Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.
- Warburton, D. E. R., Nicol, C. W., & Bredin, S. S. D. (2006). Health benefits of physical activity: the evidence. *CMAJ : Canadian Medical Association Journal*, 174(6), 801-809.
- Williams, A. D., Ahuja, K. D. K., Almond, J. B., Robertson, I. K., & Ball, M. J. (2013). Progressive resistance training might improve vascular function in older women but not in older men. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(1), 76-81.
- World Health Organization. (2007). *Reducing salt intake in populations: Report of a WHO Forum and Technical meeting*. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization. (2003). *Diet Nutrition and the prevention of Chronic Diseases*. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization. (2010). *Global recommendations on physical activity for health*. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization. (2011a). *Global Atlas on cardiovascular disease prevention and control*. Geneva: World Health Organization
- World Health Organization. (2011b). *Global Health and Aging*. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization. (2014). *Global Status Report on noncommunicable diseases 2014*. Geneva: World Health Organization.
- Zebekakisa, P. E., Nawrota, T., Thijsa, L., Balkesteinc, E. J., Heijden-Spek, J. v. d., Luc M. Van Borteld, Struijker-Boudierc, H. A., Safare, M. E., & Staessena, J. A. (2005). Obesity is associated with increased arterial

stiffness from adolescence until old age. *Journal of Hypertension*, 23(10), 1839-1846.

## CAPÍTULO IV

---





## DISCUSSÃO GERAL

A presente tese teve dois objetivos fundamentais: 1) verificar as possíveis correlações e associações entre a atividade física (AF) diária e a aptidão funcional com a rigidez arterial (RA) em idosos e 2) verificar o efeito de um programa de exercício físico multicomponente com duração de 32 semanas e um período de 16 semanas de destreino na aptidão funcional e cardiorrespiratória, composição corporal, perfil lipídico, metabólico, inflamatório e rigidez arterial (RA) em idosos de ambos os sexos.

Nos resultados transversais observamos uma prevalência de 62,3% da amostra acima do ponto de corte de 10 m/s para a VOPcf, com os homens a apresentarem valores significativamente maiores em relação as mulheres. Por outro lado, as mulheres apresentaram valores de Alx e Alx@75% significativamente maiores em relação aos homens. Além disso, verificou-se correlações entre a aptidão física e AF com a VOPcf e ainda, associação entre a força/resistência de membros inferiores com a RA. Estes resultados são dignos de destaque uma vez que atendendo à crescente prevalência de DCV na população idosa, uma das maiores causas de morbidade e mortalidade em todo o mundo (Direção Geral da Saúde, 2014, 2015; Macedo, 2008; Mitchell et al., 2010; Piepoli et al., 2016; Rocha & Nogueira, 2015; Seals, 2014; Seals et al., 2008; Wilkins et al., 2017b; World Health Organization, 2010c, 2014), a VOPcf é considerada uma medida importante de controlo da saúde vascular.

Todavia, após aplicar um programa de exercício físico, não foram encontradas melhorias significativas nas características hemodinâmicas, apenas a AP teve efeito do tempo até a 16ª semana. Porém, após intervenção foi verificado uma interação significativa tempo\*grupo no teste *chair-sit-and-reach*, *8-foot up and go*, além de uma tendência para a diminuição do perímetro da anca e redução do percentual de gordura andróide. Em relação ao destreino, a pressão de aumento retornou aos valores basais enquanto a distância no teste *6-min walk* permaneceu acima dos níveis basais, o que reforça a necessidade da manutenção dos níveis diários de atividade física.

No que respeita ao *estudo transversal* as diferenças encontradas entre os sexos nas medidas da RA podem ser justificadas pelas características físicas,

hemodinâmicas e hormonais próprias em cada um dos sexos, como por exemplo a estatura (Yasmin & Brown, 1999), o diâmetro e o comprimento dos vasos, bem como, a concentração de estrogênio nas mulheres (Hayward & Kelly, 1997; Holland et al., 2016), que poderão influenciar especialmente no Alx e Alx@75%. Todavia, não nos é possível sustentar estas especulações uma vez que, como limitação do presente estudo, estes aspectos não foram controlados na nossa investigação. Apenas poderemos observar uma tendência, estatisticamente não significativa, dos homens a serem mais altos comparativamente às mulheres.

Surpreendentemente a PWVcf foi maior nos homens do que nas mulheres na nossa amostra. Geralmente essa diferença mantém-se até antes das mulheres entrarem na menopausa, depois disso a tendência é de não existir diferença significativa entre os sexos (Logan & Barksdale, 2013; Tomiyama et al., 2003).

As relações por nós encontradas entre a aptidão física, a AF e a VOPcf, parecem sugerir que melhorias destes parâmetros aparentam ser capazes de diminuir a VOPcf. Para além disso, foi observada uma relação negativa entre o TS e VOPcf. Assim, os nossos resultados sugerem que enquanto o tempo gasto em atividades física leve, moderada e vigorosa consegue promover benefícios para a saúde cardiovascular do idoso, o tempo gasto em comportamento sedentário reflete-se negativamente na rigidez arterial, com possíveis consequências deletérias à saúde (Katzmarzyk, 2010; Suboc et al., 2016).

No mesmo sentido dos nossos resultados, Gando e colaboradores (2010) utilizando medidas objetivas para mensurar a atividade física e VOPcf, observaram uma correlação inversa entre a VOPcf e o tempo gasto em atividade física leve ( $r = -0,47$ ;  $p < 0,1$ ) em um grupo de 538 idosos de ambos os sexos, verificando que aqueles que possuíam menor tempo de AFL tinham uma RA mais alta do que os idosos com maior tempo AFL ( $945 \pm 19$  versus  $882 \pm 16$  com/s;  $p = 0,01$ ). O estudo destes autores, sugere, tal como o nosso, que o tempo gasto em AFL pode atenuar a RA.

Da mesma forma, Lausen e colaboradores (2015) verificaram que entre os 1816 indivíduos com idade entre os 40 e os 66 anos que possuíam maior gasto de energia em atividade física diária tinham menor velocidade da onda de pulso aórtico (PWA).

De igual modo, Aoyagi e colaboradores (2010) monitorizando objetivamente a atividade física diária de 198 idosos (65 - 84 anos) ao longo de um ano por pedômetro e acelerômetro, mostraram que a realização de 16 minutos por dia de atividade física moderada, correspondente a aproximadamente 6.600 passos por dia em *counts*, esteve relacionada com uma VOPcf significativamente mais baixa.

Assim, tendo por base os nossos resultados, bem como os resultados dos autores atrás referidos, parece ser determinante incentivar o idoso a torna-se mais ativo e a permanecer o menor tempo possível em comportamento sedentário. Este tipo de mudança comportamental poderá refletir-se na sua melhor aptidão física, devendo ser usada como estratégia para diminuir os riscos cardiovasculares, aumentar a funcionalidade e a qualidade de vida do idoso (National, 2015; World Health Organization, 2007).

Porém, contrariamente ao nosso estudo, Han e colaboradores (2015) verificaram que a AF medida subjetivamente não foi significativamente correlacionada com rigidez arterial em ambos os sexos ( $r = 0,060$ ,  $P = 0,188$ ;  $r = 0,047$ ,  $P = 0,403$ , respetivamente). Quando avaliado o tempo de sedentário, este apenas foi significativamente correlacionado com rigidez arterial nas mulheres ( $r = 0,195$ ,  $P < 0,001$ ). Esta diferença entre os estudos poderá estar relacionada com as diferentes metodologias utilizadas, já que estes autores usaram um instrumento de auto relato para recolher dados da AF que poderá subestimar o tempo gasto em comportamento sedentário (Young et al., 2016), com implicações nos resultados encontrados.

No que respeita à aptidão física, os nossos resultados parecem sugerir que a resistência/força muscular podem alterar a função vascular, nomeadamente com a VOPcf. Na mesma direção dos nossos resultados, Fahs e colaboradores (2010) verificaram em grupo de jovens com média de idade de 23 anos, que a força muscular teve correlação negativa com a PWV central ( $r = -0.222$ ,  $p < 0.05$ ), supondo que quanto menor a força, maior a PWV, mesmo quando ajustado à aptidão cardiorespiratória ( $r = -0.189$ ,  $p < 0.05$ ). Assim, o estudo destes autores mostrou que a força muscular foi significativamente maior em homens com PWV central mais baixa comparativamente aos homens com maior PWV central. Estes mesmos autores, num outro estudo mais recente envolvendo jovens e idosos com idade entre os 18 e os 75 anos, mostraram que

a rigidez arterial central foi inversamente relacionada com a força muscular ( $r = -0.230$ ;  $p = 0,029$ ), sendo mantida a correlação mesmo quando ajustado à idade, percentagem de gordura corporal, massa magra e pressão arterial média (Fahs et al., 2017). Estudos anteriores sugeriram que a inflamação associada ao envelhecimento a nível muscular e arterial pode ser uma potencial ligação entre a função vascular e muscular (Sanada et al., 2010). Além disso, a saúde arterial e o sistema neuromuscular alterados, situação peculiar na pessoa idosa, podem reduzir o fluxo sanguíneo dos músculos esqueléticos, levando a uma diminuição da massa e da qualidade muscular (Sanada et al., 2010). Assim a associação por nós encontrada entre a força/resistência com a VOPcf reforça o que foi descrito anteriormente sobre a importância deste componente da aptidão física na saúde e funcionalidade do idosos, devendo, como tal, ser alvo de intervenção, especialmente no idoso.

Estes resultados estão em concordância com outros estudos, como Abbatecola e colaboradores (2012) que verificaram uma associação negativa entre a VOP braquial e a massa magra dos membros inferiores e superiores em 3.075 idosos em idade entre 70-79 anos. Segundo estes autores, a sarcopenia em pessoas idosas parece poder interferir negativamente na RA e, pelo contrário, o aumento da resistência e da força muscular, pode beneficiar os idosos, não só na capacidade para realizar as tarefas diárias, mas, também na sua saúde arterial (Fahs et al., 2010). Adicionalmente é importante realçar que uma qualidade muscular mais desenvolvida parece beneficiar no equilíbrio, diminuindo os riscos de queda e aumentando a capacidade na realização das atividades diárias e qualidade de vida do idoso (DeVallance et al., 2016; Fiatarone et al., 1990; Kirkendall & Garrett, 1998; Reeves et al., 2004; Seene & Kaasik, 2012).

Observamos ainda nos nossos resultados que a aptidão cardiorrespiratória apresentou uma relação com a RA, sugerindo que aqueles que possuam maior capacidade cardiorrespiratória tenderão a ter melhor funcionalidade e saúde vascular. De igual modo, num estudo realizado por Boreham e colaboradores (2004), foi observado que um baixo nível de aptidão cardiorrespiratória pode acelerar o processo da RA aumentando os riscos para DCV.

Em concordância com os nossos resultados, Chung e colaboradores (2017) após estudarem 1590 adultos e idosos de ambos os sexos, verificaram que os idosos com níveis mais baixos de rigidez arterial eram aqueles que possuíam melhor aptidão cardiorrespiratória e força muscular (Augustine et al., 2016), tendo verificado uma correlação entre  $VO_{2max}$  e a VOPcf ( $r = -0.330$ ,  $p < 0.05$ ) particularmente evidente nas em mulheres de meia-idade. Assim, tendo por base os nossos resultados e os resultados destes autores, valores elevados de aptidão cardiorrespiratória podem ser positivos no processo da rigidez arterial (Augustine et al., 2016).

Já a correlação negativa entre a flexibilidade e a VOPcf por nós encontrada, parece supor que quanto menor a flexibilidade maior a RA. Estes nossos resultados estão de acordo com Nishiwaki e colaboradores (2014) ao observarem em um estudo com 1150 adultos e idosos que a flexibilidade mais baixa esteve relacionada com maiores valores de RA em ambos os sexos do que aqueles que possuíam maior flexibilidade. Estas relações foram encontradas por diferentes autores (Yamamoto, 2017; Yamamoto et al., 2004; Yamamoto et al., 2009). Assim, tudo parece sugerir que a flexibilidade pode influenciar na saúde vascular de idosos.

Portanto, em concordância como os resultados dos estudos dos autores supracitados, o nosso estudo mostra que a aptidão física pode exercer um impacto positivo na função arterial na população idosa, reforçando, deste modo, a necessidade de estratégias alvo para modificar e/ou a manter aptidão funcional e assim a saúde do idoso.

Tendo por base os resultados do estudo transversal, aplicamos no estudo 2 um programa de treino multicomponente com especial foco no reforço muscular a fim de estudar os efeitos sobre a funcionalidade e a saúde cardiovascular.

Neste estudo longitudinal, 32 semanas de treino multicomponente conduziu à perda de gordura androide, até a 16ª semana, um ponto importante a discutir, já que o excesso de peso e a obesidade, em geral, desencadeiam efeitos metabólicos adversos que levam à dislipidemia, à maior resistência à insulina e agravos na hipertensão arterial (Desamericq et al., 2015), contribuindo para o aumento da RA, aumentando a probabilidade de doenças das artérias coronárias, acidente vascular cerebral e diabetes tipo II (Jefferson et al., 2016;

Jung & Choi, 2014; Shilpa et al., 2014; Swift et al., 2014; Zebekakisa et al., 2005), comprometendo a funcionalidade e a qualidade de vida idoso (Ard et al., 2016; Milanović et al., 2013a).

Embora não tenhamos encontrado nenhum estudo que tivesse aplicado protocolo semelhante ao que utilizamos em nosso estudo, há alguns estudos confirmando a utilização do exercício físico como uma estratégia para perda de peso na população idosa. Ho et al. (2012a) verificaram algumas semelhanças com os nossos resultados, num grupo de idosos com sobrepeso e obesos após 12 semanas de treino combinado (resistido e aeróbio), observando uma perda de peso estatisticamente significativa no grupo intervenção comparativamente ao grupo controle.

Em concordância com nossos resultados, em que se observou aumentos na flexibilidade, equilíbrio e agilidade após treino, com posterior declínio após o destreino, Carvalho e colaboradores (2009), verificaram significativas modificações na flexibilidade e no equilíbrio dinâmico e agilidade após treino multicomponente, tendo estas melhorias declinado após três meses de destreino.

De acordo com Toraman e Ayceman (2005), as perdas da performance nos componentes da aptidão física com o destreino não ocorrem ao mesmo tempo e na mesma proporção entre os componentes. Toraman e Ayceman (2005) verificaram, num grupos de idosos com idade entre 60-86 anos, que a aptidão física melhorou após nove semanas de treino, sendo as alterações provocadas pelo destreino mais acentuadas na flexibilidade inferior logo após 2 semanas de cessação da atividade. Os efeitos do destreino na agilidade e no equilíbrio apenas foram observados decorridas seis semanas de cessação da atividade. Estes resultados demonstram a importância da manutenção da flexibilidade, que mais rapidamente se perde pela inatividade/desuso e que é fundamental para a funcionalidade quotidiana, sendo igualmente responsável por dores lombares e desconforto articular e muscular no idoso (Carneiro et al., 2015; Milanović et al., 2013b). Para além disso e como nos mostrou o nosso estudo transversal, existe uma relação entre os níveis de flexibilidade e a RA que é importante considerar dada a sua relação com o maior risco de desenvolvimento de DCV (Nishiwaki et al., 2014; Yamamoto, 2017).

No entanto, no nosso estudo longitudinal não foram encontradas melhorias significativas na RA. Uma possível hipótese para este não-efeito, poderá estar relacionada com o aumento da ingestão de sódio verificado no GI ao longo da intervenção, quer no período de treino quer no destreino, já que este é um fator importante que agrava a hipertensão e a RA (Sun, 2015). No entanto, tendo por base os nossos resultados, concluímos que esta intervenção não foi eficiente para reduzir este parâmetro e que talvez intervenção com exercício e aconselhamento dietético possam ser estratégias futuras a ser utilizadas. São, assim, necessárias estratégias mais eficazes para reduzir a ingestão de sal e melhorar a RA e assim reduzir os riscos de DCV (Cobb et al., 2012; Trieu et al., 2017).

Por outro lado, este não-efeito sobre a RA poderá estar igualmente relacionado com o tempo dedicado ao treino aeróbio, uma vez que está bem reconhecida a sua eficiência para restaurar a função endotelial vascular em adultos de idade média e idosos (Fujie et al., 2015; Greenwood et al., 2015; Huang et al., 2016), ao exercer efeitos benéficos sobre a função arterial através da modulação de proteínas estruturais, redução do *stress* oxidativo e inflamação (Santos-Parker et al., 2014). Além disso, o treino aeróbio é capaz de alterar a vasodilatação mediado pelo *shear stress*, seguida de outras adaptações funcionais e estruturais, além de provocar restauração da biodisponibilidade do óxido nítrico (Greenwood et al., 2015; Ho et al., 2012b; Huang et al., 2016; Laurent et al., 2011; Li et al., 2015; Madden et al., 2013).

Acreditamos que mais estudos serão necessários para melhor entendermos os mecanismos envolvidos na RA na população idosa pois não apenas o envelhecimento populacional é um fenómeno que cresce em todo o mundo (Beard et al., 2016) como também, segundo a OMS (2011a), as estratégias de prevenção dos riscos para DCV neste grupo de indivíduos são de extrema importância.

Para além da questão pessoal em termos de funcionalidade, saúde e qualidade de vida, os idosos acometidos de DCV aumentam os custos com saúde devido a alto consumo de medicações, hospitalizações prolongadas, fato que poderá onerar os gastos com a saúde pública (Strait & Lakatta, 2012; Yazdanyar & Newman, 2009). Caso não sejam desenvolvidas estratégias eficazes para minimizar as possíveis enfermidades que acometem e debilitam

os idosos, o aumento dos gastos com o envelhecimento vai tornar-se inabarcável para as sociedades dos países mais desenvolvidos com maior taxa de envelhecimento.

Este programa de intervenção demonstrou melhoria nos aspetos da aptidão funcional, especialmente na flexibilidade, equilíbrio dinâmico e agilidade, uma tendência a diminuição do perímetro da anca. E quanto ao destreino, a pressão de aumento, e percentual de gordura androide retornaram aos valores basais enquanto a distância no teste 6-min walk permaneceu acima dos níveis basais.

### *Limitações*

Concluída esta investigação é importante destacar algumas limitações relevantes que podem condicionar a extrapolação dos nossos resultados. Por um lado, o reduzido tamanho da amostra, em particular no estudo longitudinal, que poderá ter condicionado o poder estatístico da amostra para melhor compreender o efeito do treino multicomponente sobre as variáveis em estudo. Adicionalmente, o número relativamente pequeno de homens em comparação com mulheres que poderá ter influenciado alguns dos nossos resultados. Para além disso, é importante referir que a divisão da amostra não foi aleatória mas antes por conveniência, o que poderá limitar a generalização dos resultados. Por fim, ainda relativamente a amostra, esta foi composta por sujeitos voluntários, o que, de certa forma, pode levar a uma população mais apta e mais saudável do que aqueles que não participaram, devendo, por isso, a generalização dos resultados ser feita com cautela para outras populações de idosos mais frágeis.

Apesar de ter sido feito um controlo sobre as patologias e a medicação administrada, não foi posteriormente avaliado o potencial efeito dos tipos e dosagens de medicamentos em algumas variáveis hemodinâmicas e de perfil lipídico e glicémico estudadas. É possível que alguns dos nossos resultados possam estar mascarados por um aumento de uso de medicação.

No que respeita ao estudo longitudinal, apontamos ainda como limitação o facto do grupo controlo ter participado em atividade recreativa em um dia da semana e que poderá ter influenciado os nossos resultados.



Por fim, em relação ao estudo longitudinal, perante os nossos resultados e atendendo às características da nossa amostra, talvez tivesse sido interessante aumentar o tempo de prática para se observar efeitos mais significativos nas variáveis estudadas.

### *Força do estudo*

Apesar das limitações atrás referenciadas, o nosso estudo apresenta, em nosso entender, algumas mais-valias.

Assim, os pontos fortes desta tese de doutorado incluem o foco em adultos mais velhos, segmento da população crescente, com grandes índices de incapacidade e fraca saúde cardiovascular, acompanhadas por baixos níveis de atividade física e prolongados períodos de comportamento sedentário. É cada vez de maior importância a recolha de informações sobre as possíveis formas de alterar o estilo de vida desta população, a fim de promover a sua mobilidade, independência funcional e evitar o aumento dos custos dos cuidados de saúde.

Paralelamente, para além de incluir um grupo controle, o nosso estudo tem como mais-valia o controlo de variáveis confundidoras, tais como, a avaliação dos níveis diários de atividade física dos sujeitos de forma objetiva por acelerometria, do regime alimentar dos sujeitos da amostra ao longo da investigação, inclusivamente após destreino. Na realidade, seria espectável que a sazonalidade pudesse ter influenciado este tipo de comportamentos. No entanto, com excepção do consumo de sódio, tal como solicitado aos sujeitos, os mesmos mantiveram o seu estilo de vida habitual ao longo do protocolo experimental. Além disso, consideramos como mais-valia, as avaliações terem sido realizadas durante 4 momentos, incluindo o destreino.

Adicionalmente, o uso da Tonometria de aplanção para medida da VOPcf e para análise da onda de pulso através do Alx, Alx@75 bpm e Pressão de aumentação, bem como, a avaliação da composição corporal utilizando o DEXA, enquanto medida padrão-ouro, é importante para a maior credibilidade dos dados.

## *Futuros estudos*

Assim, e tendo por base os pressupostos anteriores, gostaríamos de propor algumas sugestões para futuros estudos:

- 1) Estudos com tamanho amostral maior são necessários para esclarecer melhor o efeito do exercício nas variáveis utilizadas nestes estudos.
- 2) Estudos que associem métodos quantitativos e qualitativos que permitam avaliar, não apenas as alterações fisiológicas induzidas pelo programas de AF/EF, mas também, os efeitos sobre a qualidade de vida.
- 3) Mais estudos abordando diferentes metodologias de treino (tipo, intensidades, volumes) e seus mecanismos subjacentes devem ser desenvolvidos para permitir uma melhor compreensão dos efeitos da AF e do EF na funcionalidade e na saúde cardiovascular por forma a desenhar programas mais eficientes.
- 4) Estudos experimentais conjuntamente com programas de educação para a saúde são também relevantes.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Tendo por base os resultados dos 2 estudos desta dissertação podemos concluir que:

- i) Existe uma relação positiva entre os níveis de AF e negativa com o tempo sedentário com VOPcf, sugerindo que o idoso deve aumentar o seu tempo gasto em AFL, AFMV e diminuir o tempo sedentário no sentido de modificar positivamente a RA.
- ii) Existe uma relação positiva entre a aptidão funcional e a VOPcf, sugerindo a necessidade de se manter, mesmo em escalões etários mais velhos, uma boa aptidão física, em particular uma boa aptidão muscular e cardiorrespiratória, determinante não apenas para a autonomia quotidiana mas igualmente para a saúde cardiovascular.
- iii) A força/resistência muscular dos membros inferiores parece predizer a VOPcf. Assim, o nosso estudo transversal reforça a necessidade de se

desenvolverem estratégias que possam motivar os idosos a modificarem os seus padrões de comportamento relativamente à atividade física diária e comportamento sedentário a fim de alcançarem melhorias na aptidão muscular e assim na saúde vascular diminuindo as chances para o desenvolvimento de DCV.

- iv) O treino multicomponente parece ser importante para a melhoria da funcionalidade, nomeadamente da flexibilidade, equilíbrio dinâmico e agilidade.
- v) O treino multicomponente parece ser importante para a redução da gordura corporal, nomeadamente da gordura androide e para a redução do perímetro da anca, sugerindo um potencial efeito na redução de alguns fatores de risco de DCV.
- vi) No entanto, os potenciais efeitos do treino sobre a capacidade aeróbia parecem ser mantidos mesmo após 16 semanas de já que a distância no teste *6-min walk* permaneceu acima dos níveis basais, o que reforça a eficiência do treino multicomponente neste componente da aptidão física.

Assim, apesar deste este programa multicomponente trissemanal não ter sido capaz de induzir nos nossos sujeitos da amostra melhorias estatisticamente significativas em todos os parâmetros avaliados, foi eficaz na melhoria de alguns fatores de risco cardiovascular.

Apesar das limitações inerentes ao nosso estudo, podemos considerar que este forneceu algumas diretrizes acerca dos benefícios da AF e riscos do comportamento sedentário em idosos de ambos os sexos, sugerindo que estes podem e devem estar inseridos em programas de EF a fim de, pelo menos, melhorar ou manter o seu desempenho funcional.

Isto deixa-nos a ideia de que é preciso modificar os padrões de comportamento do idoso para que estes possam usufruir de uma vida longa com boa saúde e funcionalidade

No entanto, mais estudos são necessários para confirmar nossos resultados.

## REFERÊNCIAS

- Abbatecola, A. M., Chiodini, P., Gallo, C., Lakatta, E., Sutton-Tyrrell, K., Tyllavsky, F. A., Goodpaster, B., de Rekeneire, N., Schwartz, A. V., Paolisso, G., Harris, T., & for the Health, A. B. C. s. (2012). Pulse wave velocity is associated with muscle mass decline: Health ABC study. *Age*, 34(2), 469-478.
- Ajiboye, O. A., Anigbogu, C. N., Ajuluchukwu, J. N., & Jaja, S. I. (2015). Exercise training improves functional walking capacity and activity level of Nigerians with chronic biventricular heart failure. *Hong Kong Physiotherapy Journal*, 33(1), 42-49.
- Almeida, L. M. d. (2010). Os serviços de saúde pública e sistema de saúde. *Serviços de Saúde Pública*, 28(1), 79-92.
- American College of Sports Medicine. (2014). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (9ª edição ed.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Anderson, T. J. (2006). Arterial stiffness or endothelial dysfunction as a surrogate marker of vascular risk. *The Canadian Journal of Cardiology*, 22(Suppl B), 72B-80B.
- Aoyagi, Y., Park, H., Kakiyama, T., Park, S., Yoshiuchi, K., & Shephard, R. J. (2010). Yearlong physical activity and regional stiffness of arteries in older adults: the Nakanojo Study. *European Journal of Applied Physiology*, 109(3), 455-464.
- Arboix, A. (2015). Cardiovascular risk factors for acute stroke: Risk profiles in the different subtypes of ischemic stroke. *World Journal of Clinical Cases : WJCC*, 3(5), 418-429.
- Ard, J. D., Cook, M., Rushing, J., Frain, A., Beavers, K., Miller, G., Miller, M. E., & Nicklas, B. (2016). Impact on weight and physical function of intensive medical weight loss in older adults with stage II and III obesity. *Obesity*, 24(9), 1861-1866.
- Ashor, A. W., Lara, J., Siervo, M., Celis-Morales, C., & Mathers, J. C. (2014). Effects of exercise modalities on arterial stiffness and wave reflection: a

- systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *PLoS One*, 9, e110034.
- Augustine, J. A., Yoon, E. S., Choo, J., Heffernan, K. S., & Jae, S. Y. (2016). The Relationship Between Cardiorespiratory Fitness and Aortic Stiffness in Women with Central Obesity. *Journal of Womens Health* 25(7), 1-7.
- Bauman, A., Merom, D., Bull, F. C., Buchner, D. M., & Fiatarone Singh, M. A. (2016). Updating the Evidence for Physical Activity: Summative Reviews of the Epidemiological Evidence, Prevalence, and Interventions to Promote "Active Aging". *Gerontologist*, 56 Suppl 2, S268-280.
- Beard, J. R., Officer, A., de Carvalho, I. A., Sadana, R., Pot, A. M., Michel, J.-P., Lloyd-Sherlock, P., Epping-Jordan, J. E., Peeters, G. M. E. E., Mahanani, W. R., Thiyagarajan, J. A., & Chatterji, S. (2016). The World report on ageing and health: a policy framework for healthy ageing. *The Lancet*, 387(10033), 2145-2154.
- Bolton, E., & Rajkumar, C. (2011). The ageing cardiovascular system. *Reviews in Clinical Gerontology*, 21(02), 99-109.
- Booth, F. W., Roberts, C. K., & Laye, M. J. (2012). Lack of exercise is a major cause of chronic diseases. *Comprehensive Physiology*, 2(2), 1143-1211.
- Boreham, C. A., Ferreira, I., Twisk, J. W., Gallagher, A. M., Savage, M. J., & Murray, L. J. (2004). Cardiorespiratory fitness, physical activity, and arterial stiffness: the Northern Ireland Young Hearts Project. *Hypertension*, 44(5), 721-726.
- Boutouyrie, P., & Vermeersch, S. J. (2010). Determinants of pulse wave velocity in healthy people and in the presence of cardiovascular risk factors: 'establishing normal and reference values. The reference value for arterial stiffness collaboration. *European Heart Journal*, 31(19), 2338-2350.
- Boutouyrie P. & Vermeersch, S. J. (2010). Determinants of pulse wave velocity in healthy people and in the presence of cardiovascular risk factors: 'establishing normal and reference values'.The ReferenceValues for Arterial Stiffness Collaboration. . *Eur Heart J*, 31(19), 2338-2350.
- Butlin, M., & Qasem, A. (2016). Large Artery Stiffness Assessment Using SphygmoCor Technology. *Pulse*, 4(4), 180-192.
- Carneiro, N. H., Ribeiro, A. S., Nascimento, M. A., Gobbo, L. A., Schoenfeld, B. J., Achour Junior, A., Gobbi, S., Oliveira, A. R., & Cyrino, E. S. (2015).

- Effects of different resistance training frequencies on flexibility in older women. *Clinical Interventions in Aging*, 2015(10), 531-538.
- Carvalho, J., Marques, E., Soares, J. M., & Mota, J. (2010). Isokinetic strength benefits after 24 weeks of multicomponent exercise training and combined exercise training in older adults. *Aging Clinical and Experimental Research*, 22(1), 63-69.
- Carvalho, M. J., Marques, E., & Mota, J. (2009). Training and detraining effects on functional fitness after a multicomponent training in older women. *Gerontology*, 55(1), 41-48.
- Centers for Disease Control and Prevention. (2014). *State Indicator Report on Physical Activity, 2014*. Atlanta: Department of Health and Human Services.
- Chung, J. W., Kim, M. L., Jin, Y., Kim, Y., & Hong, J. (2017). Fitness can be a determinant of arterial stiffness in healthy adult men: a cross-sectional study. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*
- Ciolac, E. G. (2013). Exercise training as a preventive tool for age-related disorders: a brief review. *Clinics*, 68(5), 710-717.
- Cobb, L. K., Appel, L. J., & Anderson, C. A. M. (2012). Strategies to Reduce Dietary Sodium Intake. *Current Treatment Options in Cardiovascular Medicine*, 14(4), 425-434.
- Desamericq, G., Tissot, C. M., Akakpo, S., Tropeano, A. I., Millasseau, S., & Macquin-Mavier, I. (2015). Carotid-femoral pulse wave velocity is not increased in obesity. In *Am J Hypertens* (Vol. 28, pp. 546-551). United States.
- DeVallance, E., Fournier, S., Lemaster, K., Moore, C., Asano, S., Bonner, D., Donley, D., Olfert, I. M., & Chantler, P. D. (2016). The effects of resistance exercise training on arterial stiffness in metabolic syndrome. *European Journal of Applied Physiology*, 116(5), 899-910.
- Dias, G. N. F., Couceiro, M. S., Mendes, P., & Almeida, M. d. L. (2017). Physical activity benefits in active ageing. In *Physical activity benefits in active ageing: Guidelines functional exercises and recommendation* (pp. 21-34): Springer International Publishing.

- Dias, R. G. (2011). Genetics, Human Physical Performance and Gene Doping: The Common Sense Versus the Scientific Reality. *Revista Brasileira de Medicina e Esporte*, 17(1), 62-70.
- Direção Geral da Saúde. (2014). Portugal Doenças Cérebro-Cardiovasculares em número - 2014.
- Direção Geral da Saúde. (2015). A Saúde em Portugueses. Perspectivas 2015.
- Direção Geral de Saúde. (2016). *Portugal Doenças Cérebro-Vasculares em Números - 2015*. Lisboa: Direção-Geral da Saúde.
- Endes, S., Schaffner, E., Caviezel, S., Dratva, J., Autenrieth, C. S., Wanner, M., Martin, B., Stolz, D., Pons, M., Turk, A., Bettschart, R., Schindler, C., Kunzili, N., Prbst-Hensch, N., & Schmidt-Trucksass, A. (2016). Physical activity is associated with lower arterial stiffness in older adults: results of the SAPALDIA 3 Cohort Study. *European Journal of Epidemiology*, 31, 275-285.
- Fahs, C. A., Heffernan, K. S., Ranadive, S., Jae, S. Y., & Fernhall, B. (2010). Muscular strength is inversely associated with aortic stiffness in young men. *Medicine and science in sports and exercise*, 42(9), 1619-1624.
- Fahs, C. A., Thiebaud, R. S., Rossow, L. M., Loenneke, J. P., Bemben, D. A., & Bemben, M. G. (2017). Relationships between central arterial stiffness, lean body mass, and absolute and relative strength in young and older men and women. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 1-5.
- Fiatarone, M. A., Marks, E. C., Ryan, N. D., Meredith, C. N., Lipsitz, L. A., & Evans, W. J. (1990). High-intensity strength training in nonagenarians. Effects on skeletal muscle. *Jama*, 263(22), 3029-3034.
- Fleg, J. L., & Strait, J. (2012). Age-associated changes in cardiovascular structure and function: a fertile milieu for future disease. *Heart Failure Reviews*, 17(4-5), 545-554.
- Foss, M. L., & Keteyian, S. J. (1998). *Bases fisiológicas do exercício e do esporte* (6ª edição ed.). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Fujie, S., Hasegawa, N., Sato, K., Fujita, S., Sanada, K., Hamaoka, T., & Iemitsu, M. (2015). Aerobic exercise training-induced changes in serum adiponin level are associated with reduced arterial stiffness in middle-aged and older adults. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 309(10), H1642-1647.

- Gando, Y., Yamamoto, K., Murakami, H., Ohmori, Y., Kawakami, R., Sanada, K., Higuchi, M., Tabata, I., & Miyachi, M. (2010). Longer time spent in light physical activity is associated with reduced arterial stiffness in older adults. *Hypertension*, 56(3), 540-546.
- Greenwood, S. A., Koufaki, P., Mercer, T. H., Rush, R., O'Connor, E., Tuffnell, R., Lindup, H., Haggis, L., Dew, T., Abdulnassir, L., Nugent, E., Goldsmith, D., & Macdougall, I. C. (2015). Aerobic or Resistance Training and Pulse Wave Velocity in Kidney Transplant Recipients: A 12-Week Pilot Randomized Controlled Trial (the Exercise in Renal Transplant [ExeRT] Trial). *Am J Kidney Dis*, 66(4), 689-698.
- Han, T.-K., Kim, D.-H., Woo, S.-G., So, W.-Y., & Sung, D. J. (2015). Correlation between Physical Activity and Arterial Stiffness in Korean Office Workers: A Community-Based Study. *Iranian Journal of Public Health*, 44(10), 1426-1427.
- Hayward, C. S., & Kelly, R. P. (1997). Gender-related differences in the central arterial pressure waveform. *American College of Cardiology*, 30, 1863-1871.
- Ho, S. S., Dhaliwal, S. S., Hills, A. P., & Pal, S. (2012a). The effect of 12 weeks of aerobic, resistance or combination exercise training on cardiovascular risk factors in the overweight and obese in a randomized trial. *BioMed Central Public Health*, 12(704), 1-10.
- Ho, S. S., Radavelli-Bagatini, S., Dhaliwal, S. S., Hills, A. P., & Pal, S. (2012b). Resistance, aerobic, and combination training on vascular function in overweight and obese adults. *J Clin Hypertens (Greenwich)*, 14(12), 848-854.
- Holland, A. M., Martin, J. S., Mattson, C. D., Lohse, K. R., Finn, P. R., & Stager, J. M. (2016). A cross-sectional study of physical activity and arterial compliance: the effects of age and artery size. *Journal of the American Society of Hypertension*, 11(2), 1-9.
- Huang, C., Wang, J., Deng, S., She, Q., & Wu, L. (2016). The effects of aerobic endurance exercise on pulse wave velocity and intima media thickness in adults: A systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 26(5), 478-487.



- Huybrechts, S. A., Devos, D. G., Vermeersch, S. J., Mahieu, D., Achten, E., de Backer, T. L., Segers, P., & van Bortel, L. M. (2011). Carotid to femoral pulse wave velocity: a comparison of real travelled aortic path lengths determined by MRI and superficial measurements. *Journal of Hypertension*, 29(8), 1577-1582.
- Instituto Nacional de Estatística. (2016). *Estatísticas Demográficas 2015*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística.
- Instituto Nacional de Estatística de Portugal. (2012). *Censos 2011 Resultados Definitivos - Portugal*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística.
- Jefferson, M. E., Nicklas, B. J., Chmelo, E. A., Crotts, C. I., Shaltout, H. A., Diz, D. I., Marsh, A. P., & Brinkley, T. E. (2016). Effects of Resistance Training With and Without Caloric Restriction on Arterial Stiffness in Overweight and Obese Older Adults. *American Journal of Hypertension*, 29(4), 494-500.
- Jung, U. J., & Choi, M.-S. (2014). Obesity and Its Metabolic Complications: The Role of Adipokines and the Relationship between Obesity, Inflammation, Insulin Resistance, Dyslipidemia and Nonalcoholic Fatty Liver Disease. *International Journal of Molecular Sciences*, 15(4), 6184-6223.
- Katzmarzyk, P. T. (2010). Physical Activity, Sedentary Behavior, and Health: Paradigm Paralysis or Paradigm Shift? *Diabetes*, 59(11), 2717-2725.
- Kendrick, D., Kumar, A., Carpenter, H., Zijlstra, G. A., Skelton, D. A., Cook, J. R., Stevens, Z., Belcher, C. M., Haworth, D., Gawler, S. J., Gage, H., Masud, T., Bowling, A., Pearl, M., Morris, R. W., Iliffe, S., & Delbaere, K. (2014). Exercise for reducing fear of falling in older people living in the community. *Cochrane Database Systematic Reviews*, 28(11), 1-131.
- Kirkendall, D. T., & Garrett, W. E., Jr. (1998). The effects of aging and training on skeletal muscle. *The American Journal of Sports Medicine*, 26(4), 598-602.
- Laurent, P., Marengo, P., Castagna, O., Smulyan, H., Blacher, J., & Safar, M. E. (2011). Differences in central systolic blood pressure and aortic stiffness between aerobically trained and sedentary individuals. *J Am Soc Hypertens*, 5(2), 85-93.
- Laurent, S., & Boutouyrie, P. (2015). The structural factor of hypertension: large and small artery alterations. *Circulation Research*, 116(6), 1007-1021.

- Laurent, S., Cockcroft, J., Bortel, L. V., Boutouyrie, P., Giannattasio, C., Hayoz, D., Pannier, B., Vlachopoulos, C., Wilkinson, I., & Struijker-Boudier, H. (2006a). Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications. *European Heart Journal*, 27(21), 2588-2605.
- Laurent, S., Cockcroft, J., Van Bortel, L., Boutouyrie, P., Giannattasio, C., Hayoz, D., Pannier, B., Vlachopoulos, C., Wilkinson, I., & Struijker-Boudier, H. (2006b). Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications. In *Eur Heart J* (Vol. 27, pp. 2588-2605). England.
- Laursen, A. S. D., Hansen, A.-L. S., Wiinberg, N., Brage, S., Sandbæk, A., Lauritzen, T., Witte, D. R., Jørgensen, M. E., & Johansen, N. B. (2015). Higher physical activity is associated with lower aortic stiffness but not with central blood pressure: The ADDITION-Pro Study. *Medicine*, 94(5), 1-8.
- Lessiani, G., Santilli, F., Boccacorda, A., Iodice, P., Liani, R., Tripaldi, R., Saggini, R., & Davì, G. (2016). Arterial stiffness and sedentary lifestyle: Role of oxidative stress. *Vascular Pharmacology*, 79, 1-5.
- Li, Y., Hanssen, H., Cordes, M., Rossmeissl, A., Endes, S., & Schmidt-Trucksass, A. (2015). Aerobic, resistance and combined exercise training on arterial stiffness in normotensive and hypertensive adults: A review. *Eur J Sport Sci*, 15(5), 443-457.
- Lin, S.-F., Beck, A. N., & Finch, B. K. (2016). The Dynamic contribution of chronic conditions to temporal trends in disability among U.S. adults. *Disability and Health Journal*, 9(2), 332-340.
- Logan, J. G., & Barksdale, D. J. (2013). Pulse Wave Velocity in Korean American Men and Women. *The Journal of cardiovascular nursing*, 28(1), 90-96.
- Macedo, A. e. a. (2008). Percepção da Doença Cardíaca e Cerebral e dos Factores de Risco Cardiovasculares em Portugal: Estudo AMALIA. *Revista Portuguesa de Cardiologia*, 27(5), 569-580.
- Madden, K. M., Lockhart, C., Cuff, D., Potter, T. F., & Meneilly, G. S. (2013). Aerobic training-induced improvements in arterial stiffness are not sustained in older adults with multiple cardiovascular risk factors. *Journal of Human Hypertension*, 27, 335-339.

Mancia, G., Fagard, R., Narkiewicz, K., Redon, J., Zanchetti, A., Bohm, M., Christiaens, T., Cifkova, R., De Backer, G., Dominiczak, A., Galderisi, M., Grobbee, D. E., Jaarsma, T., Kirchhof, P., Kjeldsen, S. E., Laurent, S., Manolis, A. J., Nilsson, P. M., Ruilope, L. M., Schmieder, R. E., Sirnes, P. A., Sleight, P., Viigimaa, M., Waeber, B., Zannad, F., Redon, J., Dominiczak, A., Narkiewicz, K., Nilsson, P. M., Burnier, M., Viigimaa, M., Ambrosioni, E., Caulfield, M., Coca, A., Olsen, M. H., Schmieder, R. E., Tsioufis, C., van de Borne, P., Zamorano, J. L., Achenbach, S., Baumgartner, H., Bax, J. J., Bueno, H., Dean, V., Deaton, C., Erol, C., Fagard, R., Ferrari, R., Hasdai, D., Hoes, A. W., Kirchhof, P., Knuuti, J., Kolh, P., Lancellotti, P., Linhart, A., Nihoyannopoulos, P., Piepoli, M. F., Ponikowski, P., Sirnes, P. A., Tamargo, J. L., Tendera, M., Torbicki, A., Wijns, W., Windecker, S., Clement, D. L., Coca, A., Gillebert, T. C., Tendera, M., Rosei, E. A., Ambrosioni, E., Anker, S. D., Bauersachs, J., Hitij, J. B., Caulfield, M., De Buyzere, M., De Geest, S., Derumeaux, G. A., Erdine, S., Farsang, C., Funck-Brentano, C., Gerc, V., Germano, G., Gielen, S., Haller, H., Hoes, A. W., Jordan, J., Kahan, T., Komajda, M., Lovic, D., Mahrholdt, H., Olsen, M. H., Ostergren, J., Parati, G., Perk, J., Polonia, J., Popescu, B. A., Reiner, Z., Ryden, L., Sirenko, Y., Stanton, A., Struijker-Boudier, H., Tsioufis, C., van de Borne, P., Vlachopoulos, C., Volpe, M., & Wood, D. A. (2013). 2013 ESH/ESC guidelines for the management of arterial hypertension: the Task Force for the Management of Arterial Hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal*, 34, 2159-2219.

Mancia, G., Fagard, R., Narkiewicz, K., Redon, J., Zanchetti, A., Bohm, M., Christiaens, T., Cifkova, R., De Backer, G., Dominiczak, A., Galderisi, M., Grobbee, D. E., Jaarsma, T., Kirchhof, P., Kjeldsen, S. E., Laurent, S., Manolis, A. J., Nilsson, P. M., Ruilope, L. M., Schmieder, R. E., Sirnes, P. A., Sleight, P., Viigimaa, M., Waeber, B., Zannad, F., Task Force for the Management of Arterial Hypertension of the European Society of, H., & the European Society of, C. (2014). 2013 ESH/ESC Practice Guidelines for the Management of Arterial Hypertension. *Blood Press*, 23(1), 3-16.

- Mancia, G., Fagard, Robert , Narkiewicz, Krzysztof, et al. (2013). 2013 ESH/ESC Guidelines for the management of arterial hypertension. The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC). *Blood Press*, 22(4), 193-278.
- Milanović, Z., Pantelić, S., Trajković, N., Sporiš, G., Kostić, R., & James, N. (2013a). Age-related decrease in physical activity and functional fitness among elderly men and women. *Clinical Interventions in Aging*, 8, 549-556.
- Milanović, Z., Pantelić, S., Trajković, N., Sporiš, G., Kostić, R., & James, N. (2013b). Age-related decrease in physical activity and functional fitness among elderly men and women. *Clin Interv Aging*, 8, 549-556.
- Mitchell, G. F. (2009). Arterial Stiffness and Wave Reflection: Biomarkers of Cardiovascular Risk. *Artery Research*, 3(2), 56-64.
- Mitchell, G. F., Hwang, S. J., Vasan, R. S., Larson, M. G., Pencina, M. J., Hamburg, N. M., Vita, J. A., Levy, D., & Benjamin, E. J. (2010). Arterial Stiffness and Cardiovascular Events: The Framingham Heart Study. *Circulation*, 121(4), 505-511.
- Miura, H., Takahashi, Y., Maki, Y., & Sugino, M. (2015). Effects of exercise training on arterial stiffness in older hypertensive females. *European Journal of Applied Physiology* 115(9), 1847-1854.
- National, U. (2015). *World Population Ageing 2015*. New York: Department of Economic and Social Affairs, Population Division.
- Nelson, M. E., Rejeski, W. J., Blair, S. N., Duncan, P. W., Judge, J. O., King, A. C., Macera, C. A., & Castaneda-Sceppa, C. (2007). Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 116(9), 1435-1445.
- Niccoli, T., & Partridge, L. (2012). Ageing as a Risk Factor for Disease. *Current Biology*, 22(17), R741-R752.
- Nishiwaki, M., Kurobe, K., Kiuchi, A., Nakamura, T., & Matsumoto, N. (2014). Sex Differences in Flexibility-Arterial Stiffness Relationship and Its Application for Diagnosis of Arterial Stiffening: A Cross-Sectional Observational Study. *Plos One*, 9(11), 1-19.

- O'Rourke, M. F., & Gallagher, D. E. (1996). Pulse wave analysis. *Journal of Hypertension*, 14(5), S147-S157.
- O'Rourke, M. F., Pauca, A., & Jiang, X.-J. (2001). Pulse wave analysis. *British Journal of Clinical Pharmacology*, 51(6), 507-522.
- O'Rourke, M. F., & Staessen, J. A. (2002). Clinical Applications of Arterial Stiffness definition and reference values. *American Journal of Hypertension*, 15(5), 426-444.
- Phelan, E. A., Mahoney, J. E., Voit, J. C., & Stevens, J. A. (2015). Assessment and Management of Fall Risk in Primary Care Settings. *The Medical clinics of North America*, 99(2), 281-293.
- Piepoli, M. F., Hoes, A., Agewall, S., Albus, C., Brotons, C., Catapano, A. L., Cooney, M.-T., Corrà, U., Cosyns, B., Deaton, C., Graham, I., Hall, M. S., Hobbs, F. D. R., Løchen, M.-L., Lollgen, H., Marques-Vidal, P., Perk, J., Prescott, E., Redon, J., Richter, D. J., Sattar, N., Smulders, Y., Tiberi, M., Worp, H. B. v. d., Dis, I. v., & Verschuren, W. M. M. (2016). 2016 European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: The Sixth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and Other Societies on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice (constituted by representatives of 10 societies and by invited experts)Developed with the special contribution of the European Association for Cardiovascular Prevention & Rehabilitation (EACPR). *European Heart Journal*, 37, 2315-2381.
- Pierce, G. L., Casey, D. P., Fiedorowicz, J. G., Seals, D. R., Curry, T. B., Barnes, J. N., Wilson, D. R., & Stauss, H. M. (2013). Aortic pulse wave velocity and reflecting distance estimation from peripheral waveforms in humans: detection of age- and exercise training-related differences. *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology*, 305(1), H135-H142.
- Pisizzi, O., Brandão, A. A., Magalhães, R. P., Brandão, A. P. (2006). Velocidade de onda de pulso- o método e suas implicações prognóstica na hipertensão arterial.
- Pordata. (2015). *Retrato de Portugal na Europa*. Consult 03/05/2016, disponível em

<http://www.pocicompete2020.pt/admin/fileman/Uploads/publicacoes/RET-RATODEPORTUGALNAEUROPA2015.pdf>.

- Quan, H. L., Blizzard, C. L., Sharman, J. E., Magnussen, C. G., Dwyer, T., Raitakari, O., Cheung, M., & Venn, A. J. (2014). Resting heart rate and the association of physical fitness with carotid artery stiffness. *American Journal of Hypertension*, 27(1), 65-71.
- Quinn, U., Tomlinson, L. A., & Cockcroft, J. R. (2012). Arterial stiffness. *JRSM Cardiovascular Disease*, 1(6), cvd.2012.012024.
- Reeves, N. D., Narici, M. V., & Maganaris, C. N. (2004). Effect of resistance training on skeletal muscle-specific force in elderly humans. *Journal of Applied Physiology* 96(3), 885-892.
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (1999). Functional fitness Normative Scores for Community- Residing Older Adults, Ages 60-94.
- Rocha, E., & Nogueira, P. (2015). Cardiovascular disease in Portugal and the mediterranean region: an epidemiological perspective. *Factores de risco*(36), 32-41.
- Ryan, A. S. (2010). Exercise in aging: its important role in mortality, obesity and insulin resistance. *Aging health*, 6(5), 551-563.
- Sakuragi, S., & Abhayaratna, W. P. (2010). Arterial stiffness: methods of measurement, physiologic determinants and prediction of cardiovascular outcomes. In *Int J Cardiol* (Vol. 138, pp. 112-118). Netherlands.
- Sanada, K., Miyachi, M., Tanimoto, M., Yamamoto, K., Murakami, H., Okumura, S., Gando, Y., Suzuki, K., Tabata, I., & Higuchi, M. (2010). A cross-sectional study of sarcopenia in Japanese men and women: reference values and association with cardiovascular risk factors. *European Journal of Applied Physiology* 110(1), 57-65.
- Santos-Parker, J. R., LaRocca, T. J., & Seals, D. R. (2014). Aerobic exercise and other healthy lifestyle factors that influence vascular aging. *Adv Physiol Educ*, 38(4), 296-307.
- Schiffrin, E. L. (2004). Vascular stiffening and arterial compliance: Implications for systolic blood pressure. *American Journal of Hypertension*, 17(12), 39-48.

- Seals, D. R. (2014). Edward F. Adolph Distinguished Lecture: The remarkable anti-aging effects of aerobic exercise on systemic arteries. In *J Appl Physiol (1985)* (Vol. 117, pp. 425-439). United States.
- Seals, D. R., DeSouza, C. A., Donato, A. J., & Tanaka, H. (2008). Habitual exercise and arterial aging. In *J Appl Physiol (1985)* (Vol. 105, pp. 1323-1332). United States.
- Seene, T., & Kaasik, P. (2012). Muscle weakness in the elderly: role of sarcopenia, dynapenia, and possibilities for rehabilitation. *European Review of Aging and Physical Activity*, 9(2), 109-117.
- Sehgel, N. L., Vatner, S. F., & Meininger, G. A. (2015). "Smooth Muscle Cell Stiffness Syndrome"-Revisiting the Structural Basis of Arterial Stiffness. *Frontiers in Physiology*, 18(6), 1-15.
- Shilpa, A., Kalyani, S., & Manisha, S. (2014). Health consequences of obesity in the elderly. *Journal of Clinical Gerontology and Geriatrics*, 5(3), 63-67.
- Simões, J. d. A., Augusto, G. F., Fronteira, I., & Quevedo, C. H. (2017). Portugal: Health system review. *Health Systems in Transition*, 19(2), 1-184.
- Stoner, L., Young, J. M., & Fryer, S. (2012). Assessments of arterial stiffness and endothelial function using pulse wave analysis. *International Journal of Vascular Medicine*, 25(2), 1-10.
- Strait, J. B., & Lakatta, E. G. (2012). Aging-associated cardiovascular changes and their relationship to heart failure. *Heart Failure Clinics*, 8(1), 143-164.
- Strath, S. J., Kaminsky, L. A., Ainsworth, B. E., Ekelund, U., Freedson, P. S., Gary, R. A., Richardson, C. R., Smith, D. T., & Swartz, A. M. (2013). Guide to the assessment of physical activity: Clinical and research applications: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 128(20), 2259-2279.
- Suboc, T. B., Knabel, D., Strath, S. J., Dharmashankar, K., Coulliard, A., Malik, M., Haak, K., & Widlansky, M. E. (2016). Associations of Reducing Sedentary Time With Vascular Function and Insulin Sensitivity in Older Sedentary Adults. In *Am J Hypertens* (Vol. 29, pp. 46-53). United States.
- Sun, Z. (2015). Aging, arterial stiffness, and hypertension. *Hypertension*, 65(2), 252-256.

- Swift, D. L., Johannsen, N. M., Lavie, C. J., Earnest, C. P., & Church, T. S. (2014). The role of exercise and physical activity in weight loss and maintenance. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 56(4), 441-447.
- Tanaka, H., Dinunno, F. A., Monahan, K. D., Clevenger, C. M., DeSouza, C. A., & Seals, D. R. (2000). Aging, Habitual Exercise, and Dynamic Arterial Compliance. *Circulation*, 102(11), 1270-1275.
- Thijssen, D. H. J., Maiorana, A. J., Cable, N. T., Hopman, M. T. E., O'Driscoll, G., & Green, D. J. (2010). Impact of inactivity and exercise on the vasculature in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 108(5), 845-875.
- Tomiyaama, H., Yamashina, A., Arai, T., Hirose, K., Koji, Y., Chikamori, T., Hori, S., Yamamoto, Y., Doba, N., & Hinohara, S. (2003). Influences of age and gender on results of noninvasive brachial-ankle pulse wave velocity measurement—a survey of 12 517 subjects. *Atherosclerosis*, 166(2), 303-309.
- Toraman, N. F., & Ayceman, N. (2005). Effects of six weeks of detraining on retention of functional fitness of old people after nine weeks of multicomponent training. *British Journal of Sports Medicine*, 39, 565-568.
- Trieu, K., McMahon, E., Santos, J. A., Bauman, A., Jolly, K. A., Bolam, B., & Webster, J. (2017). Review of behaviour change interventions to reduce population salt intake. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 14(1), 1-15.
- Van Bortel, L. M., Laurent, S., Boutouyrie, P., Chowienczyk, P., Cruickshank, J. K., De Backer, T., Filipovsky, J., Huybrechts, S., Mattace-Raso, F. U., Protogerou, A. D., Schillaci, G., Segers, P., Vermeersch, S., Weber, T., Artery, S., European Society of Hypertension Working Group on Vascular, S., Function, & European Network for Noninvasive Investigation of Large, A. (2012). Expert consensus document on the measurement of aortic stiffness in daily practice using carotid-femoral pulse wave velocity. *Journal of Hypertension*, 30(3), 445-448.
- Wagenseil, J. E., & Mecham, R. P. (2012). Elastin in large artery stiffness and hypertension. *Journal of Cardiovascular Translational Research*, 5(3), 264-273.
- Wanderley, F. A. C. (2011). *Functional fitness, cardiovascular risk factors, and health related quality of life in older adults: interrelations and effects of*



- different exercise types*. Porto: Flávia Wanderley. Dissertação de Doutorado apresentada a Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.
- Wentland, A. L., Grist, T. M., & Wieben, O. (2014). Review of MRI-based measurements of pulse wave velocity: a biomarker of arterial stiffness. *Cardiovascular Diagnosis and Therapy*, 4(2), 193-206.
- Wilkins, E., Wilson, L., Wickramasinghe, K., Bhatnagar, P., Leal, J., Luengo-Fernandez, R., Burns, R., Rayner, M., & Townsend, N. (2017a). European cardiovascular disease statistics 2017.
- Wilkins, E., Wilson, L., Wixkramasinghe, K., Bhatnagar, P., Rayner, M., & Townsend, N. (2017b). *European cardiovascular disease statistics 2017*. Brussels: European Heart Network.
- World Health Organization. (2007). *WHO global report on Falls prvention in older age*. Switzerland: World Health Organization.
- World Health Organization. (2010a). *Global recomendation on physical activity for health*. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization. (2010b). *Global recommendations on physical activity for health*. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization. (2010c). *Global Status report on noncommunicable disease 2010*. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization. (2011a). *Global Atlas on cardiovascular disease prevention and control*. Geneva: World Health Organization
- World Health Organization. (2011b). *Global Health and Aging*. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization. (2014). *Global Status Report on noncommunicable diseases 2014*. Geneva: World Health Organization.
- World Health Organization. (2015). *World Report on Ageing and Health*. Geneva: World Health Organization.
- Yamamoto, K. (2017). Human flexibility and arterial stiffness. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 6(1), 1-5.
- Yamamoto, K., Kawada, T., Kamiya, A., Takaki, H., Miyamoto, T., Sugimachi, M., & Sunagawa, K. (2004). Muscle mechanoreflex induces the pressor response by resetting the arterial baroreflex neural arc. *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology*, 286(4), H1382-H1388.

- Yamamoto, K., Kawano, H., Gando, Y., Iemitsu, M., Murakami, H., Sanada, K., Tanimoto, M., Ohmori, Y., Higuchi, M., Tabata, I., & Miyachi, M. (2009). Poor trunk flexibility is associated with arterial stiffening. *The American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 297, H1314-1318.
- Yasmin, & Brown, M. J. (1999). Similarities and differences between augmentation index and pulse wave velocity in the assessment of arterial stiffness. *The Quarterly Journal of Medicine*, 92(10), 595-600.
- Yazdanyar, A., & Newman, A. B. (2009). The Burden of Cardiovascular Disease in the Elderly: Morbidity, Mortality, and Costs. *Clinics in geriatric medicine*, 25(4), 563-vii.
- Young, D. R., Hivert, M.-F., Alhassan, S., Camhi, S. M., Ferguson, J. F., Katzmarzyk, P. T., Lewis, C. E., Owen, N., Perry, C. K., Siddique, J., & Yong, C. M. (2016). Sedentary Behavior and Cardiovascular Morbidity and Mortality: A Science Advisory From the American Heart Association. *Circulation*, 134, 1-19.
- Zebekakisa, P. E., Nawrota, T., Thijsa, L., Balkesteinc, E. J., Heijden-Spek, J. v. d., Luc M. Van Borteld, Struijker-Boudierc, H. A., Safare, M. E., & Staessena, J. A. (2005). Obesity is associated with increased arterial stiffness from adolescence until old age. *Journal of Hypertension*, 23(10), 1839-1846.

## **ANEXOS**



## Anexo 1. Termo de consentimento



### **Envelhecimento, rigidez arterial e aptidão física: papel da atividade física e do exercício físico**

No âmbito do estudo sobre o comportamento sedentário, níveis de atividade física, hábitos alimentares, aptidão cardiovasculares e muscular no idosos: impacto na rigidez arterial, vimos pedir a sua colaboração.

Para tal, solicitamos a sua atenção para o seguinte: colabore na administração dos questionários e provas físicas.

#### 1. Termo de Consentimento Informado

2. Questionário Sócio-Demográfico e Clínico que irá permitir efectuar a sua caracterização quanto aos dados pessoais (idade, sexo, etc.) e as suas doenças.

3. Além disso, é igualmente pedido o acesso ao seu desempenho nas provas efetuadas no CIAFEL/FADEUP, testes de resistência aeróbia, flexibilidade, força, controle postural, rigidez arterial, composição corporal, e demais testes, executados pela equipa de investigadores do CIAFEL.

Se decidir colaborar no nosso estudo, deverá, antes de mais nada, assinar o Termo de Consentimento Livre e Informado que se segue.

Agradecemos desde já a sua atenção para com o nosso estudo.

**Adjane Maria Pontes César (Investigadora) (TIm: ) (mail: [adjanecesar@yahoo.com.br](mailto:adjanecesar@yahoo.com.br))**

#### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E INFORMADO**

nº

Eu, abaixo-assinado, declaro que aceito participar num estudo da responsabilidade da Mestra Adjane Maria Pontes César, no âmbito do Programa Doutoral de Atividade Física e Saúde da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Declaro que, antes de optar por participar, me foram prestados todos os esclarecimentos que considere importante para decidir participar.

Especificamente, fui informado (a) do objetivo, duração esperada e procedimentos do estudo, de que não serei exposto a qualquer tipo de risco físico, mental ou moral, do anonimato e confidencialidade dos dados e de que tinha o direito de recusar participar, ou cessar a minha participação, a qualquer momento, sem qualquer consequência para mim.

Assinatura .....

Porto, Data : ...../...../.....